



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Entregable 2. Reporte (Preliminar) Stock Assessment

Implementación metodológica de evaluación de stock en coquina *Donax trunculus* en SS3 en el Golfo de Cádiz, España

Grupo de Trabajo FEMP 04

Instituto Español de Oceanografía, Cádiz

*Mauricio Mardones
Marina Delgado*

Fecha
Abril, 2024

Contents

1. CONTEXTO	2
2. METODOLOGÍA	2
2.1. Datos utilizados	3
2.2. Modelo de la dinámica poblacional	4
2.3. Plataforma de Evaluacion de Stock	4
2.4. Modelo Base (Condicionamiento)	4
2.5. Modelos alternativos (Escenarios)	7
3. RESULTADOS (Modelo Base s1)	8
3.1 Ajustes y residuos	8
3.2. Variables poblacionales	10
3.3. Análisis Retrospectivo	12
3.4. Hindcast Cross-Validation and prediction skill	12
3.5. Comparación de resultados entre modelos	16
4. STATUS	38
5. PROGRESO	41
6. REFERENCIAS	42

1. CONTEXTO

El objetivo de este documento es la implementación metodológica de la evaluación de stock de coquina *Donax trunculus* mediante un modelo integrado con datos en talla y dinámica en edad implementado en Stock Synthesis (SS3) (v.3.30.21) (Richard D. Methot et al., 2023; Richard D. Methot & Wetzel, 2013) para la zona del Golfo de Cádiz, España. Este trabajo está en el marco de la asesoría científica que lleva a cabo el Instituto Español de Oceanografía (IEO) realizado por el grupo de investigadores asociados al proyecto FEMP 04.

A su vez, se destaca la utilidad de los programas de monitoreo de la población y la pesquería que se ejecutan desde el año 2013 por parte del IEO Cádiz, y con el cual se ha levantado información biológica, pesquera y ambiental que ha sido vital para esta implementación metodológica, constituyendo así el primer ejercicio de evaluación de stock de coquina.

2. METODOLOGÍA

El flujo de trabajo asociado a la modelación de stock, tanto componentes como fuentes de datos está representado de forma genérica en el siguiente diagrama de flujo (Figura 1);

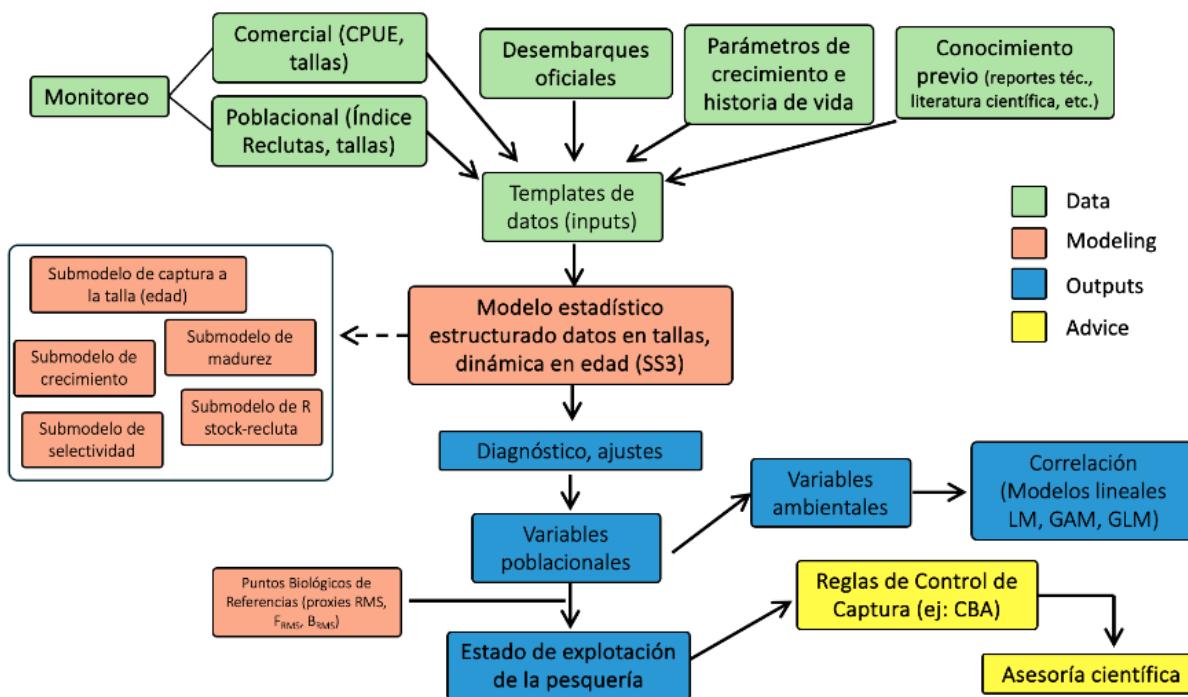


Figure 1: Esquema de modelación de coquina

2.1. Datos utilizados

Los datos analizados que formaron parte de los inputs del modelo fueron clasificados de acuerdo a su origen. A saber;

- a. Desembarque artesanal del período (2004-2024), provenientes de las estadísticas oficiales de **IDAPES** asociados al sector de marisquería del Parque Doñana y cercanías. Cabe señalar que en esta pesquería aun no se realizan procesos de corrección de desembarques y que serán propuestos como escenarios de modelación.
- b. Información de los programas de monitoreo poblacional y comercial que lleva a cabo el IEO desde el año 2013. En este monitoreo se recopila información biológica, pesquera y ambiental.
- c . Información relativa a los parámetros de historia de vida de la coquina a nivel europeo y local. Esta información está contenida en artículos científicos y reportes que fueron compilados con el fin de parametrizar los modelos de evaluación.

Toda esta información, códigos fuente, bases de datos y Análisis Exploratorio de Datos puede ser encontrado en el siguiente enlace: [Data coquina](#). La cobertura temporal de las fuentes de datos varía de acuerdo a la disponibilidad asociada al programa y fuente (Figura 2);

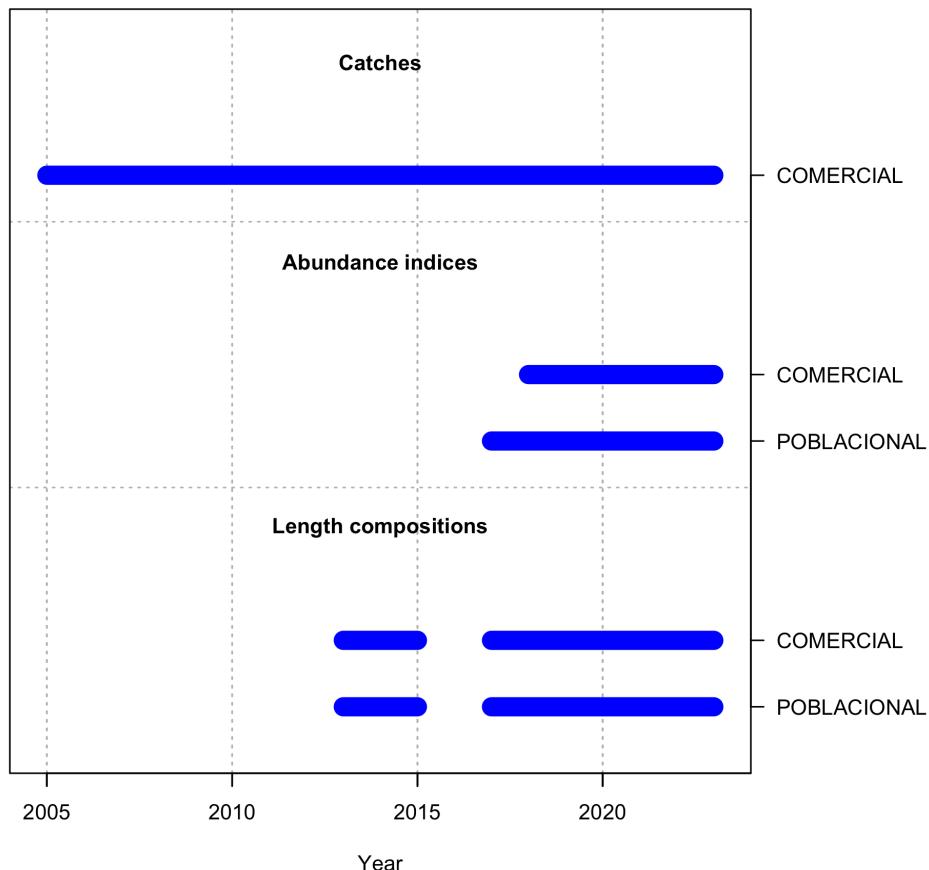


Figure 2: Cobertura temporal de las distintas fuentes de datos usadas en el modelo implementado en SS3 para coquina

2.2. Modelo de la dinámica poblacional

El modelo de dinámica poblacional de la coquina, corresponde a un enfoque de evaluación del tipo estadístico con estructura de edad, donde la dinámica progresó avanzando en el tiempo t , y las capturas son causantes de la mortalidad por pesca F , la mortalidad natural es constante $M = 0.99$ (Tabla 1). La relación entre la población y las capturas responde a la base de la ecuación de Baranov, y se consideran para el modelo y estimaciones el rango de edad entre 1 a 5+ (años). Sin embargo, las estimaciones del modelo tienen su origen en la edad cero sobre la base de una condición inicial estado estable. La dinámica esta modelada por un reclutamiento tipo Beverton y Holt.

De manera sencilla, un modelo de evaluación reproduce la dinámica poblacional de coquina a lo largo del tiempo. Este modelo incorpora parámetros biológicos clave como tasas de crecimiento, tasas de mortalidad, reclutamiento y biomasa desovante. Normalmente, el modelo se formula utilizando ecuaciones matemáticas que describen cómo estos parámetros interactúan para determinar la abundancia y distribución de coquina en el área de estudio. La ecuación de estado de crecimiento poblacional de coquina puede representarse como:

$$N_t = N_{t-1} \cdot e^{(r-M)} + R$$

Donde: - N_t es abundancia de coquina en el tiempo t . - N_{t-1} abundancia de krill en pasos de tiempo previos. - r es la tasa de crecimiento poblacional intrínseca. - M es la tasa de mortalidad natural. - R es el reclutamiento de nuevos individuos al stock.

2.3. Plataforma de Evaluacion de Stock

La ecuación descrita en el punto 2.2 describe la dinámica básica de la población de coquina, con la abundancia cambiando con el tiempo debido al crecimiento, la mortalidad y el reclutamiento. Junto a esta ecuación, otros submodelos asociados como crecimiento individual, selectividad, madurez, captura a la edad entre otros están configurados en SS3. Esta plataforma de evaluación de stock está diseñada como un modelo estructurado con dinámica en edad y datos en talla, en la clase de modelo denominado *Modelo de análisis integrado*. SS3 tiene un sub-modelo poblacional de stock que simula crecimiento, madurez, fecundidad, reclutamiento, movimiento, y procesos de mortalidad, y sub-modelos de observación y valores esperados para diferentes tipos de datos. El modelo es codificado en C++ con parámetros de estimación activados por diferenciación automática (ADMB) ([Richard D. Methot & Wetzel, 2013](#)). El análisis de resultados y salidas emplea herramientas de R e interfase gráfica de la librería **r4ss** (<https://github.com/r4ss/r4ss>) ([Taylor, 2019](#)) y **ss3diags** ([Winker et al., 2023](#)).

Las rutinas y datos de este proceso metodológico de evaluación pueden ser encontrados en el repositorio de [SA_Donax_trunculus](#)

2.4. Modelo Base (Condicionamiento)

La estimación de la biomasa desovante se realizó a inicios de año, mientras que el reclutamiento se consideró como un evento doble que ocurre hacia junio y fines de año. En el proceso de estimación del reclutamiento, se incorporó una relación stock-recluta difusa (steepness 0.7), y las variaciones en el reclutamiento se modelaron como desviaciones del reclutamiento virginal R_0 , asumiendo 2004 como año inicial (Tabla 1).

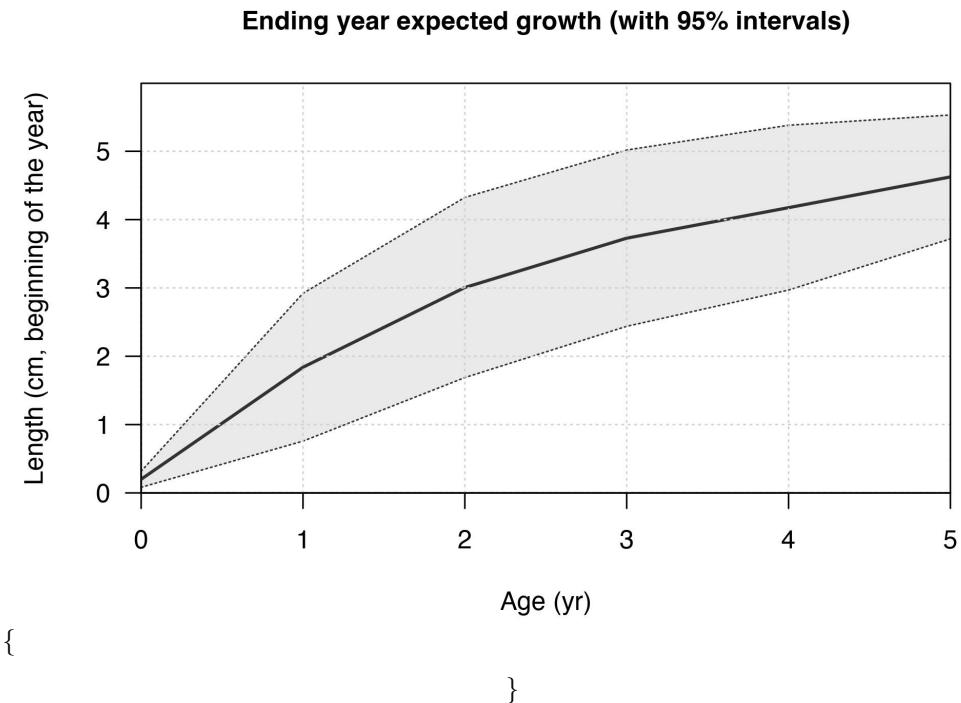
La mortalidad por pesca se estimó como el promedio simple de la F de las clases de edad 1 y 2, lo que en el modelo corresponde a la opción 5 del método **F híbrido** recomendado en SS3 ([Richard D. Methot & Wetzel, 2013](#)). Se asume que la densidad es un proxy de las biomassas estimadas ([Caddy, 2004](#)) obtenida desde los muestreos poblacionales y que son proporcionales a la biomasa vulnerable de la población, con la capturabilidad (q) estimada en el modelo. Los parámetros q fueron estimados a partir de parámetros iniciales especificados en la Tabla 1 para los datos del monitoreo poblacional, así como del comercial. Todos los patrones de selectividad, que relacionan las composiciones de tallas observadas de la flota comercial y poblacional con la dinámica, fueron estimados mediante una función logística. Los parámetros $p1$ (talla en la inflexión de la curva) y $p2$ (selección al 95%) son estimados por el modelo a partir de los valores iniciales especificados en la Tabla 1.

Table 1: Parámetros de entrada al modelo inicial SS3 de coquina (S1). Cada línea de parámetro contiene un valor mínimo (LO), máximo (HI) e inicial (INIT). Si la fase (PHASE) para el parámetro es negativa, el parámetro es fijo de entrada

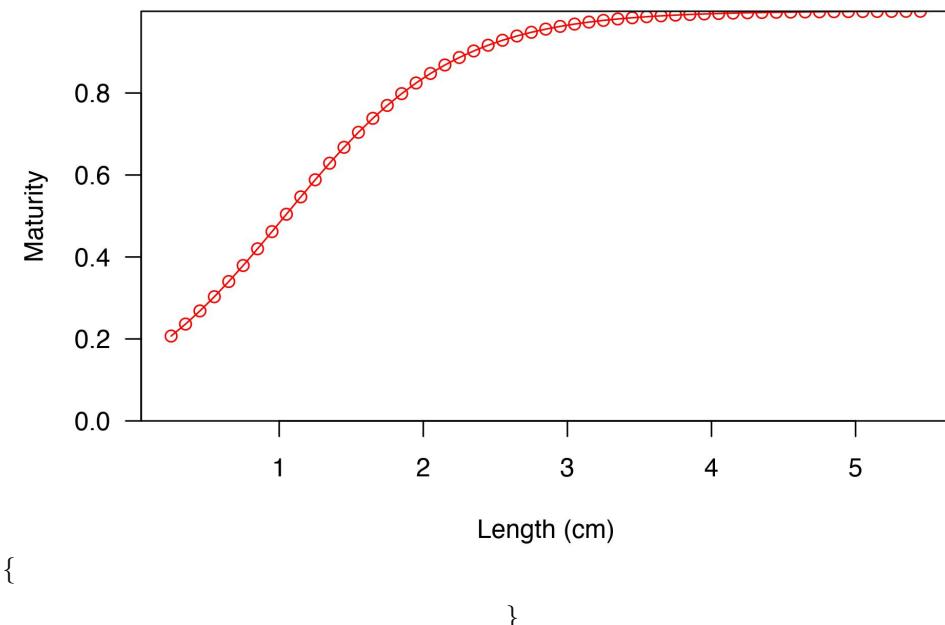
	LO	HI	INIT	PHASE
Mortalidad natural				
Nat M	0.05	2.00	0.9900	-3
Crecimiento				
Lmin	1.00	3.50	2.3000	5
Lmax	2.00	8.00	4.9000	-3
VonBert K	0.08	0.80	0.4800	-1
CV young	0.05	0.50	0.3000	-3
CV old	0.05	0.25	0.1000	-3
Relación longitud-peso				
Wt a	0.00	3.00	0.0003	-5
Wt b	0.00	6.00	2.6800	-5
Ojiva de madurez				
L50%	0.00	3.00	1.0400	-5
Mat slope	-3.00	3.00	-1.7000	-3
Relación stock-recluta				
SR_LN(R0)	3.00	50.00	25.0000	1
SR_BH_stEEP	0.20	1.00	0.7500	4
SR_sigmaR	0.00	1.00	0.2000	-4
SR_regime	-5.00	5.00	0.1000	-4
SR_autocorr	0.00	0.00	0.0000	99
Capturabilidad				
LnQ_base_COMERCIAL(1)	-15.00	1.50	-10.0000	4
LnQ_base_POBLACIONAL(2)	-15.00	1.50	-5.0000	4
Selectividad				
SizeSel_P_1_COMERCIAL(1)	0.02	4.00	0.5000	2
SizeSel_P_2_COMERCIAL(1)	0.01	4.00	2.5000	2
SizeSel_P_1_POBLACIONAL(2)	0.02	3.00	0.5000	2
SizeSel_P_2_POBLACIONAL(2)	0.01	3.00	0.5000	2

Respecto a los valores y parametros biologicos modelados, los siguientes graficos (Figura) identifican los estimadores puntuales del recurso

\begin{figure}[H]



\caption{Función de crecimiento asumida en el modelo. El área sombreada indica una distribución del 95% de la talla por edad alrededor de la curva de crecimiento estimada y Ojiva de madurez por talla para coquina} \end{figure} \begin{figure}[H]



\caption{Función de crecimiento asumida en el modelo. El área sombreada indica una distribución del 95% de la talla por edad alrededor de la curva de crecimiento estimada y Ojiva de madurez por talla para coquina} \end{figure}

Por otro lado, y al existir dos tipos de muestreos, uno poblacional y otro comercial, se modelan las selectividades por separado como se identifica en la Figura 3

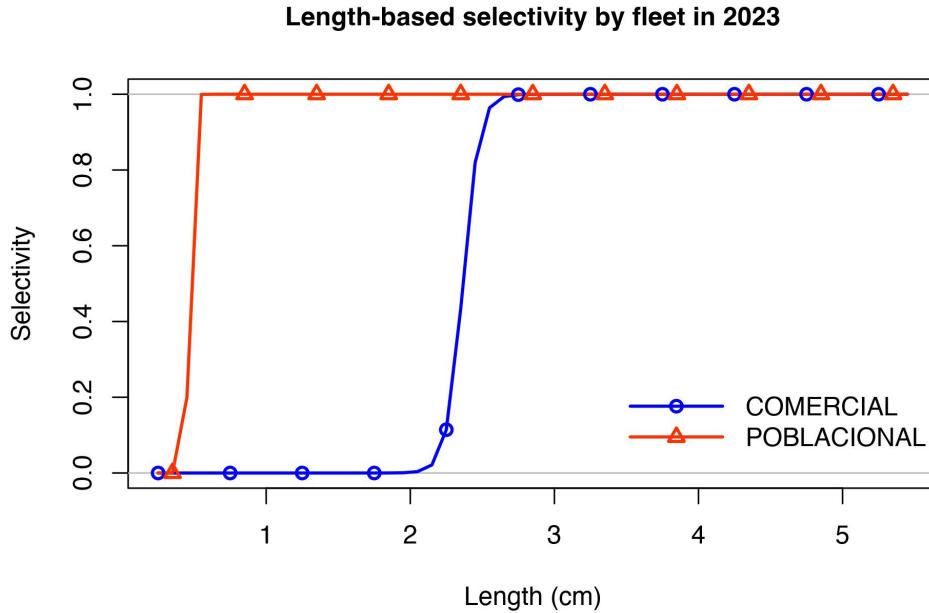


Figure 3: selectivity at length in end year for all fleets shown together para coquina

2.5. Modelos alternativos (Escenarios)

Para avanzar en la implementación metodológica, y considerando las fuentes de incertidumbre asociadas a la modelación de stock de coquina, se establecen una serie de modelos alternativo. Estos escenarios dicen relación con el subreporte de este tipo de pesquerías (Galicia paper ref) en particular, con la coquina (ref).

Esto dado los niveles de furtivismo que no son reflejados en las cifras oficiales. Por ello, este ejercicio contempló una corrección al alza de los desembarques oficiales provistos por la Junta a través de IDEASPA. Esto tiene como objetivo identificar el impacto del subreporte en la estimación de variables poblacionales, así como en el status del recurso. Estos escenarios están descritos en la Tabla 2.

Table 2: Descripción de los escenarios alternativos al modelo base inicial (S1).

Escenarios	Descripción
S01	Solo Desembarque e Índice
S1	Flota comercial y poblacional, Desembarque, Índice, Composiciones de Tallas
S2	S1 + Vector Desembarques desde 1990 asumido en 250 por año
S3	S1 + Vector desembarques ponderado por 1.5
S4	S1 + Vector desembarques ponderado por 2
S5	S1 + Vector desembarques ponderado por 2.5

3. RESULTADOS (Modelo Base s1)

3.1 Ajustes y residuos

En relación a los análisis de bondad de ajuste más clásicos, los ajustes a las tallas muestran un adecuado desempeño, siguiendo las modas anuales de la estructura de tallas poblacional (Figura 4) y comercial (Figura 5).

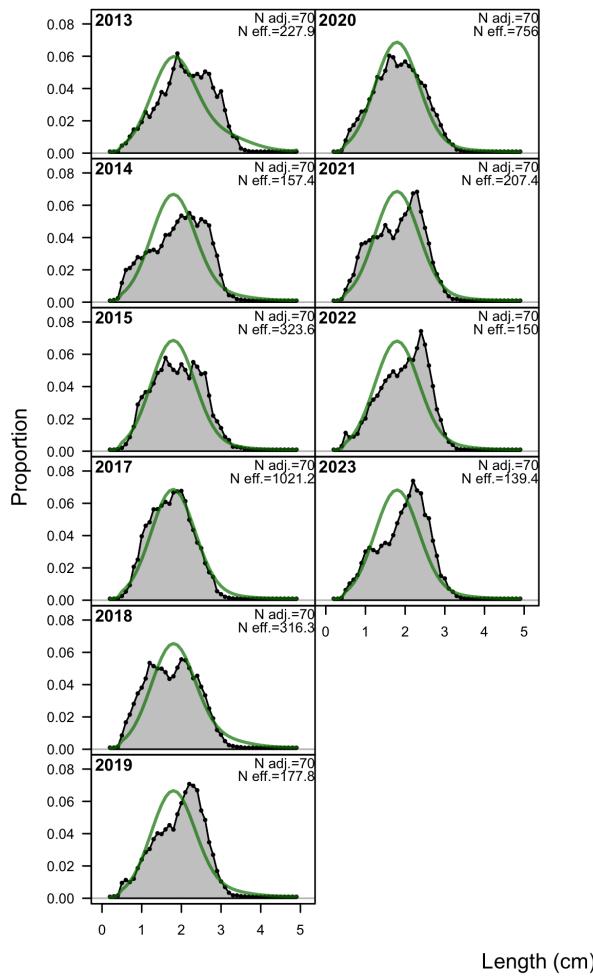


Figure 4: Fits Length comps, whole catch, POBLACIONAL para coquina

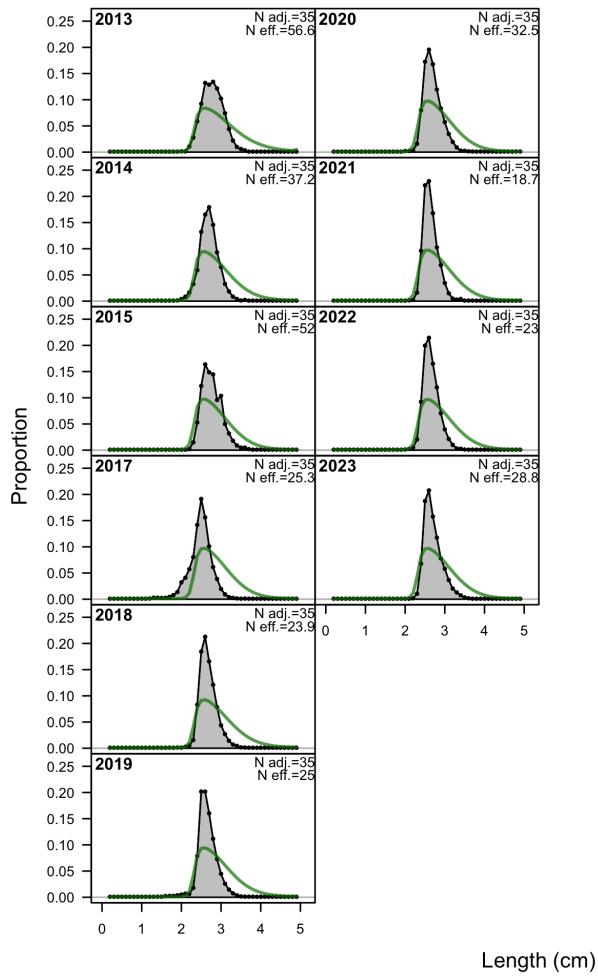


Figure 5: Fits Length comps, whole catch, COMERCIAL para coquina

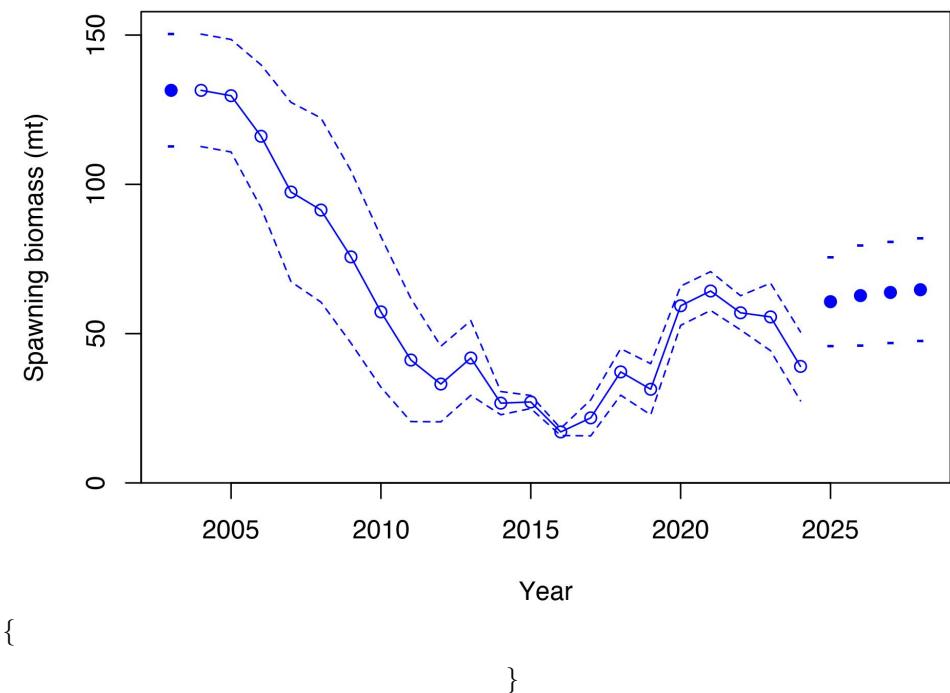
3.2. Variables poblacionales

Table 3: Series de tiempo estimados por el modelo inicial (S1). Reclutamiento (millones de ind.), biomasa desovante (en toneladas), Captura (t) y mortalidad por pesca (año-1).

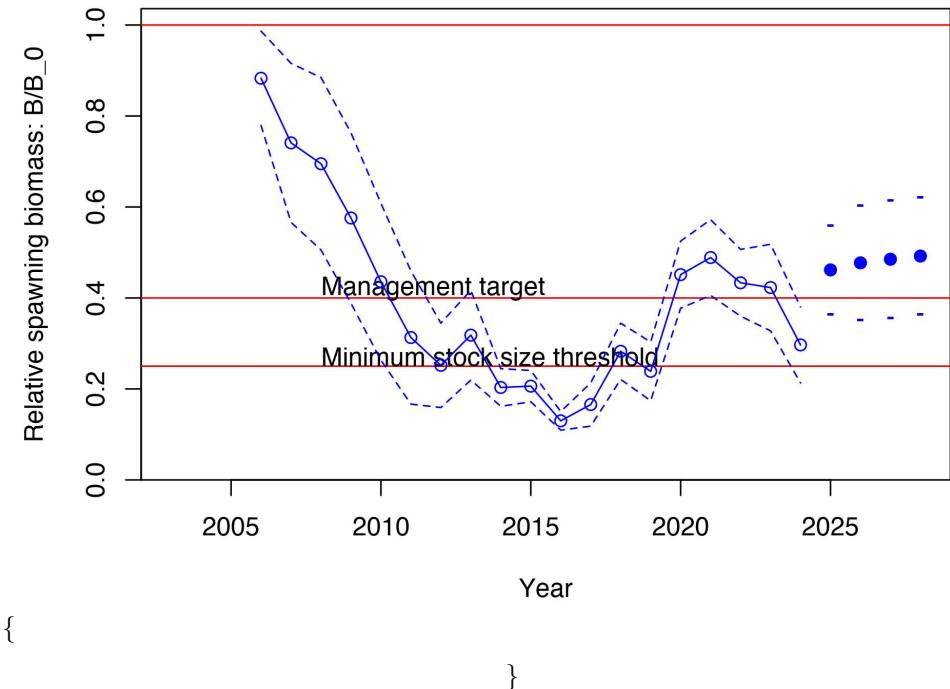
Año	Reclutamientos	Biomasa desovante	Captura	Mortalidad por pesca
2004	62296.6	131.49	23.00	0.19
2005	61230.7	129.68	50.00	0.48
2006	59486.4	116.10	38.00	0.41
2007	56959.7	97.43	56.01	0.68
2008	53952.3	91.39	70.11	1.09
2009	49618.8	75.70	73.90	1.58
2010	46620.0	57.28	80.40	2.65
2011	46487.8	41.16	30.01	0.84
2012	47197.6	33.12	85.27	2.95
2013	54359.4	41.84	74.82	3.95
2014	31108.3	26.72	80.63	4.00
2015	38914.1	27.11	48.49	3.94
2016	58124.2	17.08	34.99	1.57
2017	52284.3	21.79	86.55	3.03
2018	119431.0	37.18	72.14	2.85
2019	128653.0	31.37	176.82	4.00
2020	111082.0	59.33	191.15	4.00
2021	103375.0	64.28	167.60	4.00
2022	46126.8	56.98	135.34	2.91
2023	60944.1	55.60	24.72	0.58

Los componentes de verosimilitud, además de los análisis de residuales permiten identificar entre los bloques de modelos cuales de las configuraciones presenta un desempeño adecuado en términos estadísticos de ajuste a la información. Este modelo es el seleccionado como caso base y sirve para desplegar sus principales salidas para fines informativos de indicadores; como biomasa desovante y pronóstico y biomasa desovante relativa (Figura).

\begin{figure}[H]



\caption{Spawning output with forecast with ~95% asymptotic intervals and relative spawning biomass to coquina} \end{figure} \begin{figure}[H]



\caption{Spawning output with forecast with ~95% asymptotic intervals and relative spawning biomass to coquina} \end{figure}

3.3. Análisis Retrospectivo

Se siguieron los procedimientos explicados en el objetivo 1 de este reporte, para evaluar la idoneidad del modelo y dichos procedimientos se han probado en 6 implementaciones (escenarios) diferentes del modelo inicial (S1).

Dado que la variabilidad del índice rho de Mohn depende de la historia de vida (usualmente mayor para especies de vida corta) y que el estadístico parece insensible a F, Hurtado-ferro et al. (2015) propusieron que el patrón retrospectivo de alguna de las variables biológico-pesqueras indicadas es preocupante si los valores del índice Mohn's rho son superiores a 0,20 o inferiores a -0,15 para especies de vida larga, o superiores a 0,30 o inferiores a -0,22 para especies de vida corta. Esto es un factor relevante al momento de hacer diagnosis con recursos como la coquina. Los resultados de el análisis de sesgo para cada escenario son represetados por el parámetro de Rho en la Figura 6.

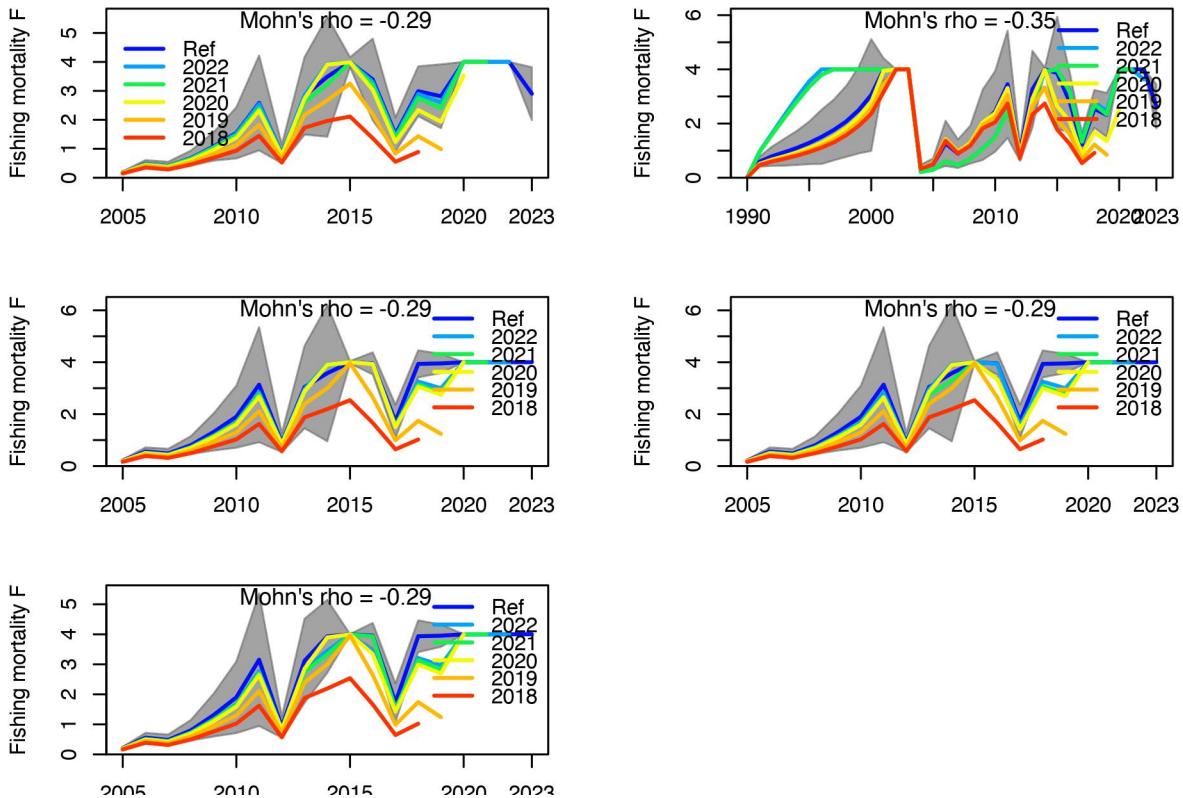
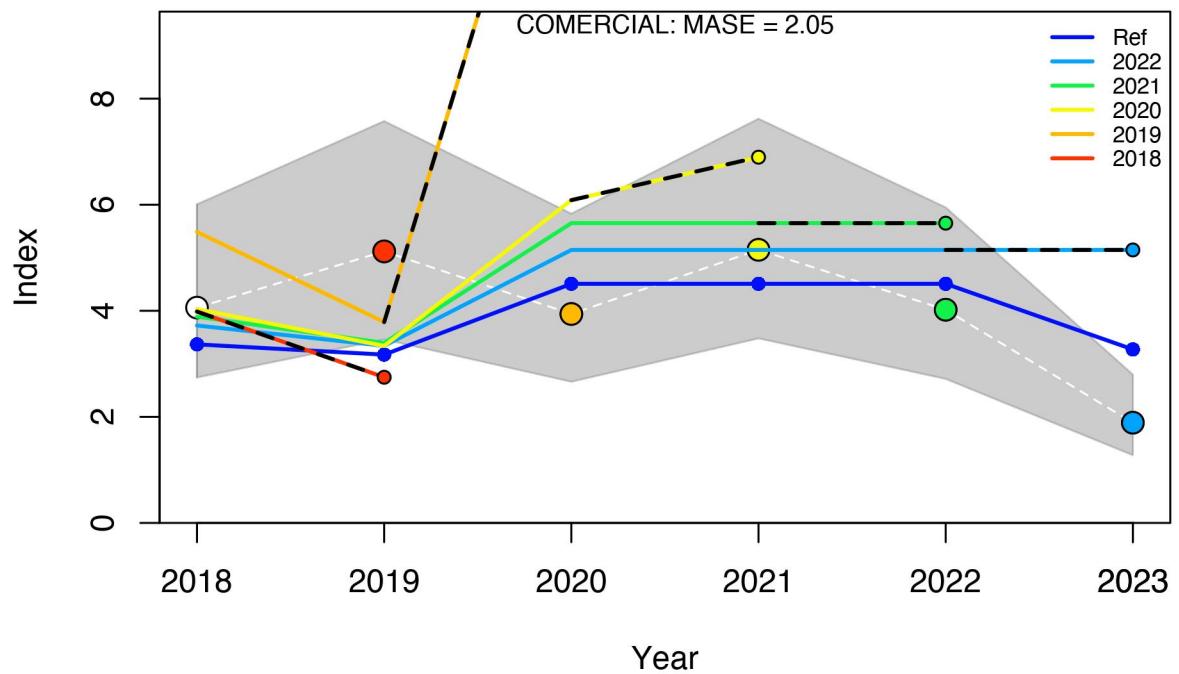


Figure 6: Patrón restrospectivo para cada esnario modelado en coquina
(#fig:retro)

3.4. Hindcast Cross-Validation and prediction skill

Implementing the Hindcast Cross-Validation (HCxval) diagnostic in Stock Synthesis requires the same model outputs generated by `r4ss:SS_doRetro()`. As a robust measure of prediction skill, we implemented the mean absolute scaled error (MASE). In brief, the MASE score scales the mean absolute. Regarding (A MASE score > 1 indicates that the average model forecasts are worse than a random walk. Conversely, a MASE score of 0.5 indicates that the model forecasts twice as accurately as a naïve baseline prediction; thus, the model has prediction skill.



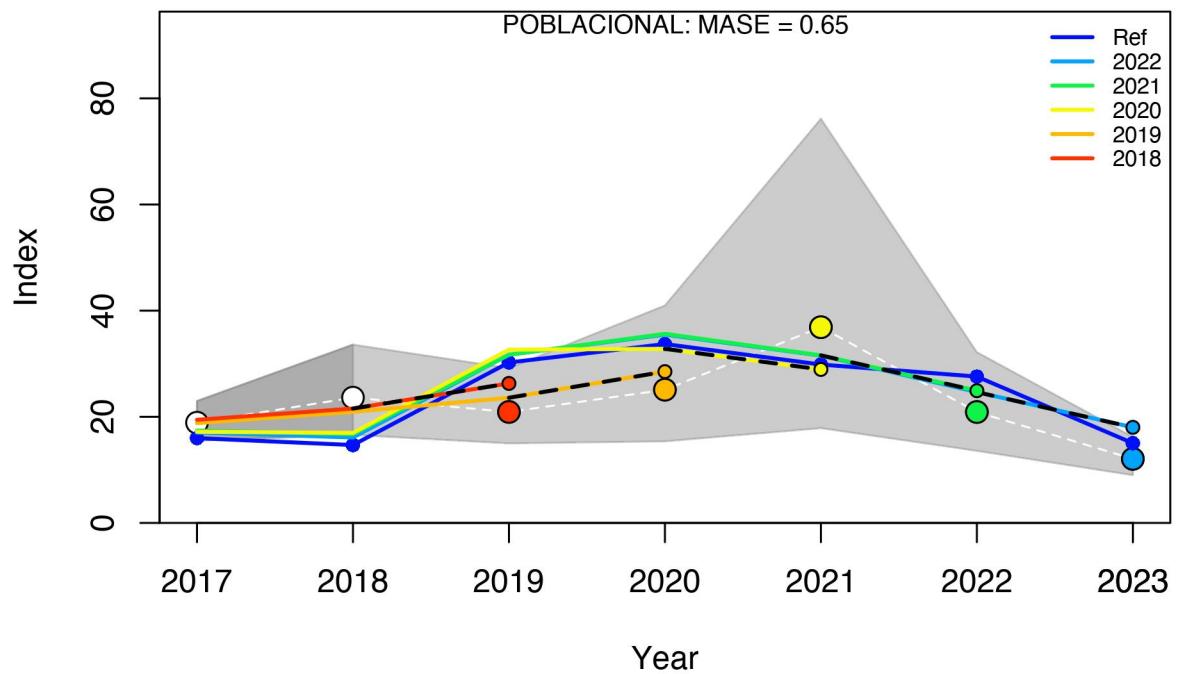


Table 4: Rho parameter in SSB model s01

type	peel	Rho	ForcastRho
SSB	2022	-0.0053309	-0.2037735
SSB	2021	-0.0172189	-0.0152340
SSB	2020	0.1961537	0.0138184
SSB	2019	1.2906896	0.2479760
SSB	2018	1.5609331	2.5961966
SSB	Combined	0.6050453	0.5277967

Table 5: Rho parameter in F model s01

type	peel	Rho	ForcastRho
F	2022	0.0000000	0.3780084
F	2021	0.0000000	0.0000000
F	2020	-0.1174900	0.0000000
F	2019	-0.6487907	0.0000000
F	2018	-0.7023415	-0.7822336
F	Combined	-0.2937244	-0.0808450

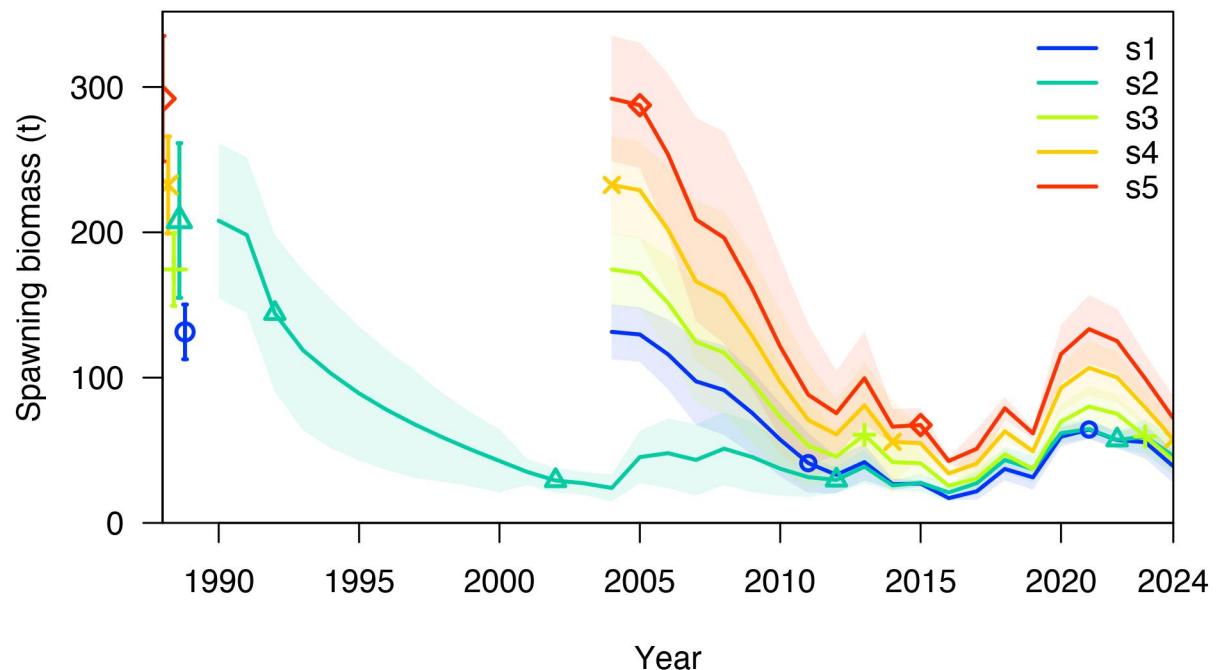
Table 6: Rho parameter in SSB model s2

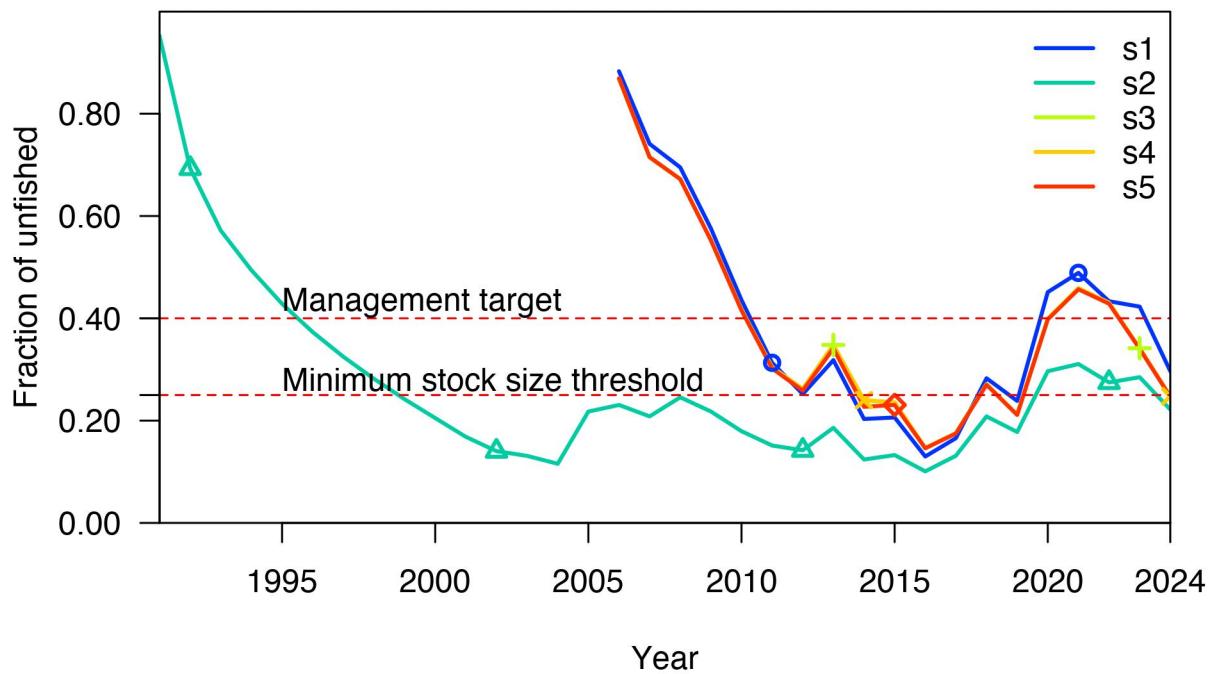
type	peel	Rho	ForcastRho
SSB	2022	0.0781307	-0.2318261
SSB	2021	-0.0194848	-0.0142870
SSB	2020	0.5004057	0.1021839
SSB	2019	1.2680436	0.4409779
SSB	2018	1.2052425	1.8933489
SSB	Combined	0.6064675	0.4380795

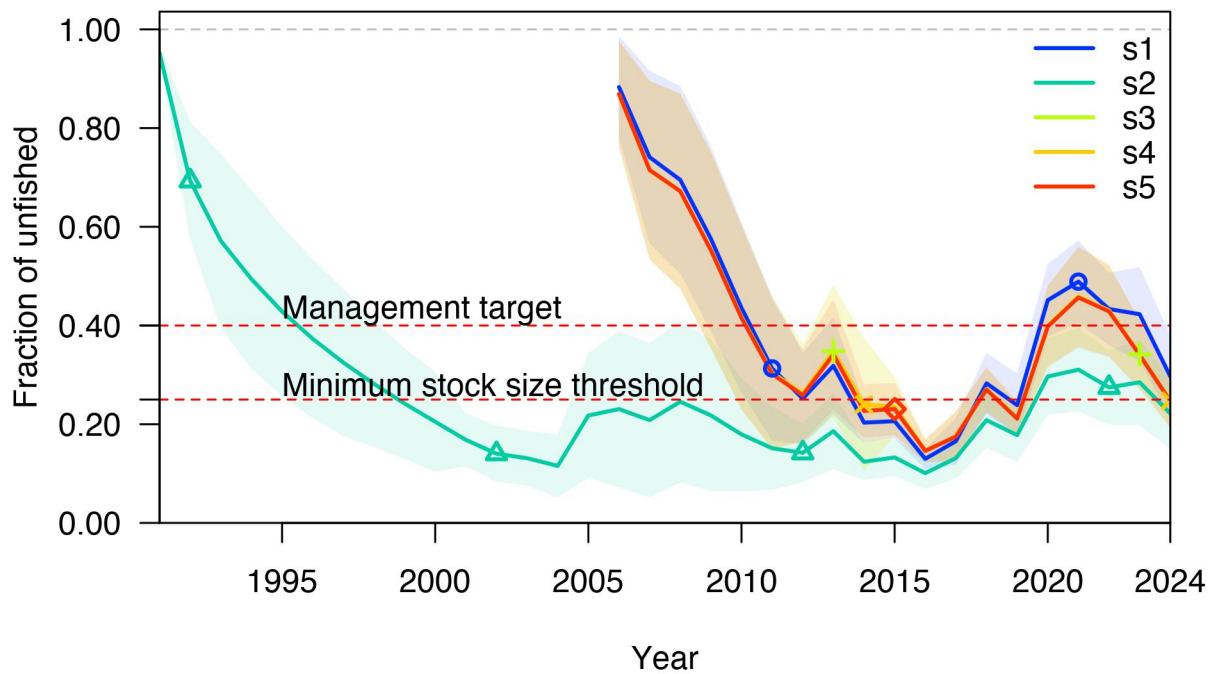
Table 7: Rho parameter in F model s2

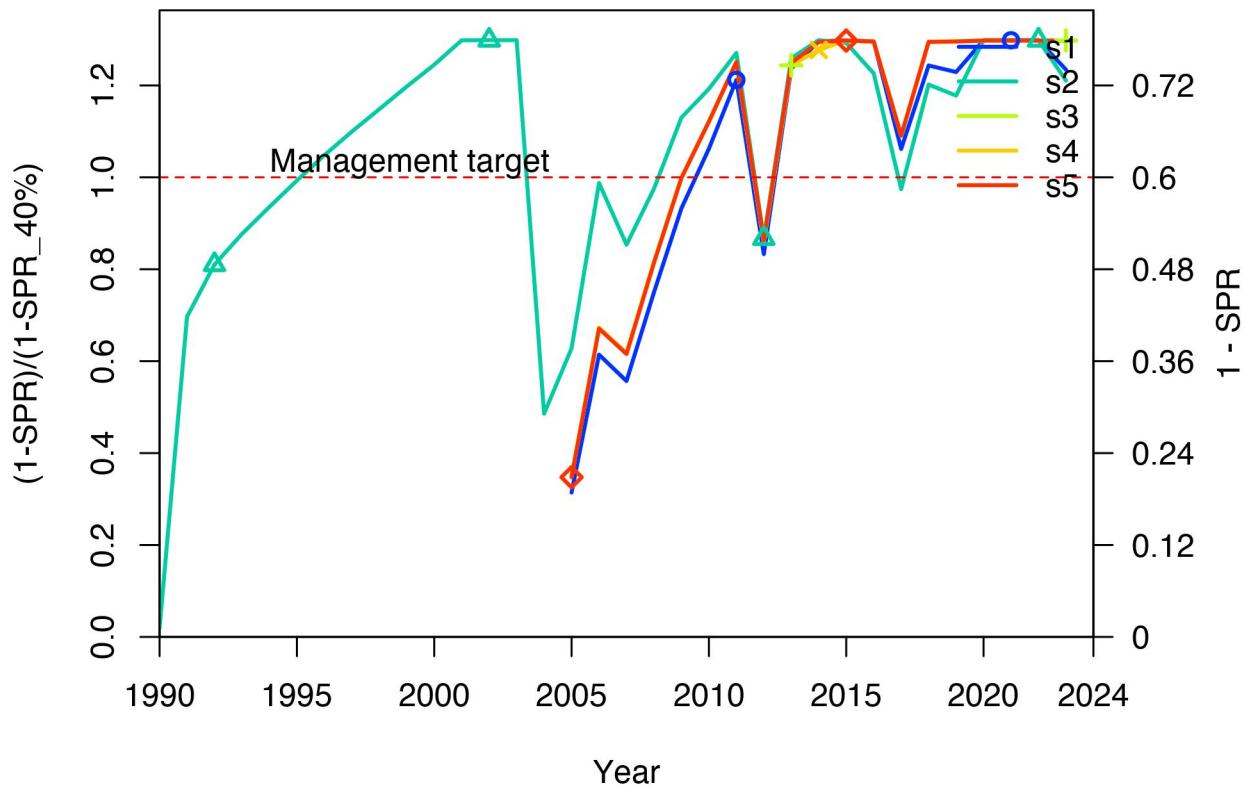
type	peel	Rho	ForcastRho
F	2022	-0.0925900	0.5192489
F	2021	0.0000000	0.0000000
F	2020	-0.3751975	0.0000000
F	2019	-0.6348327	-0.1960775
F	2018	-0.6391313	-0.7141121
F	Combined	-0.3483503	-0.0781881

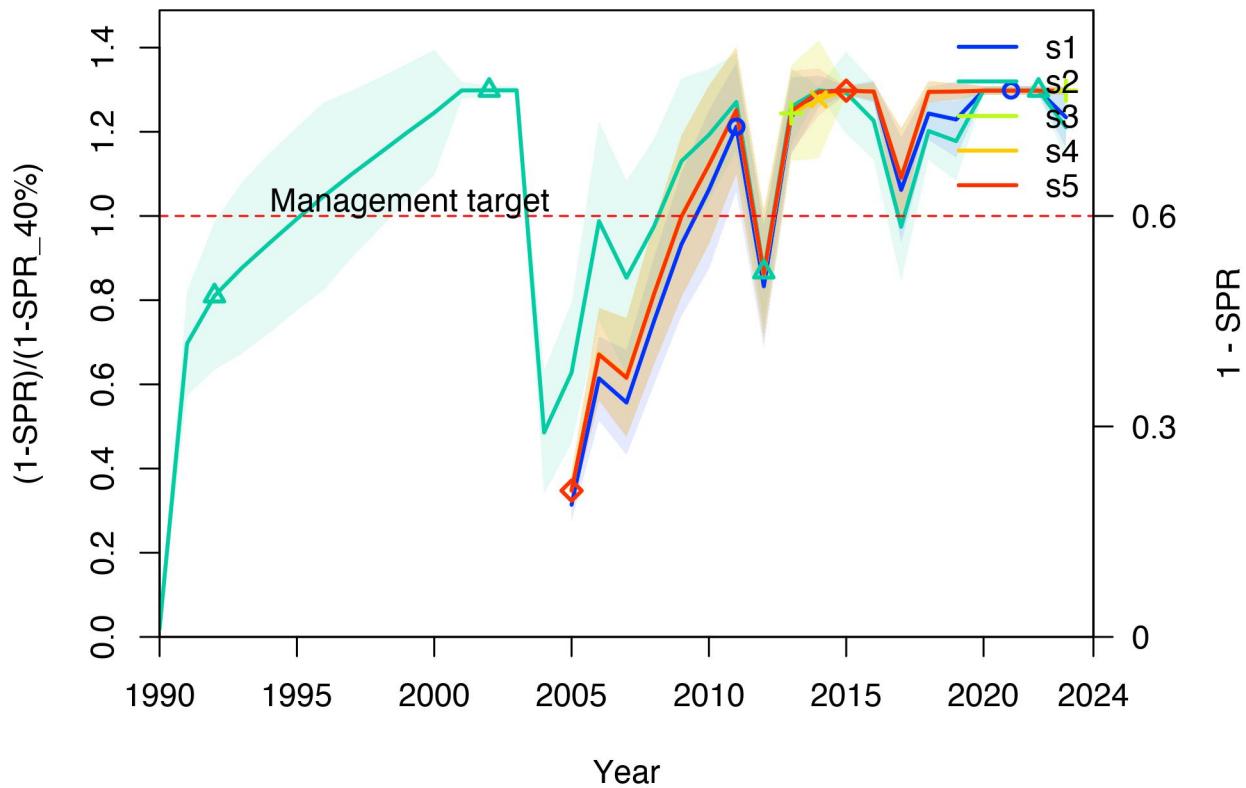
3.5. Comparación de resultados entre modelos

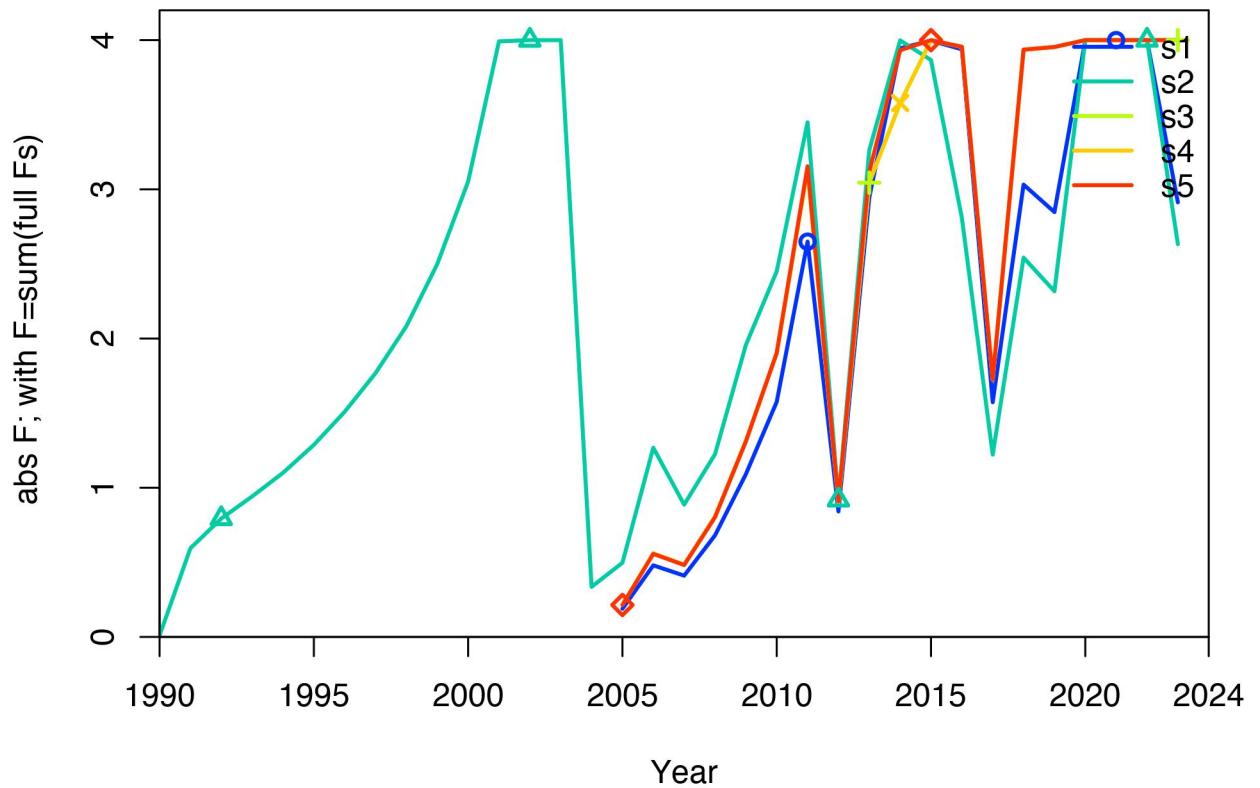


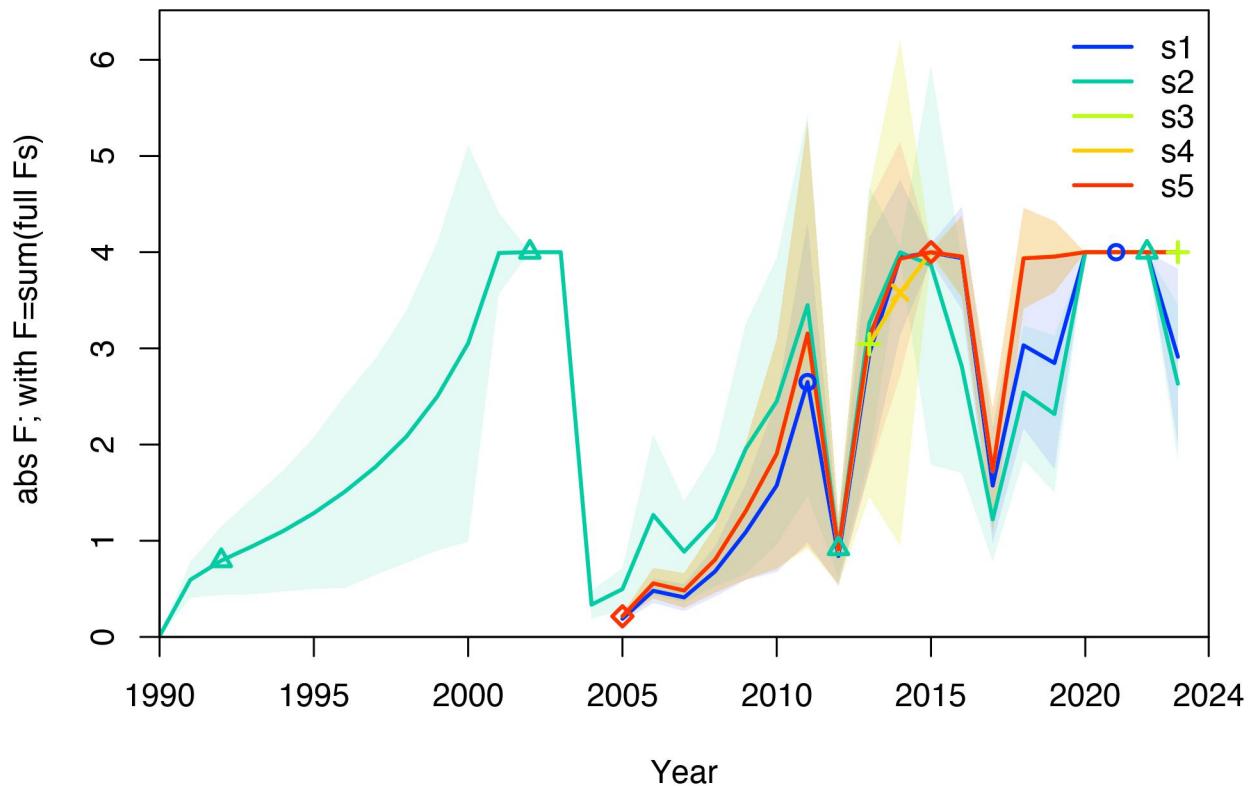


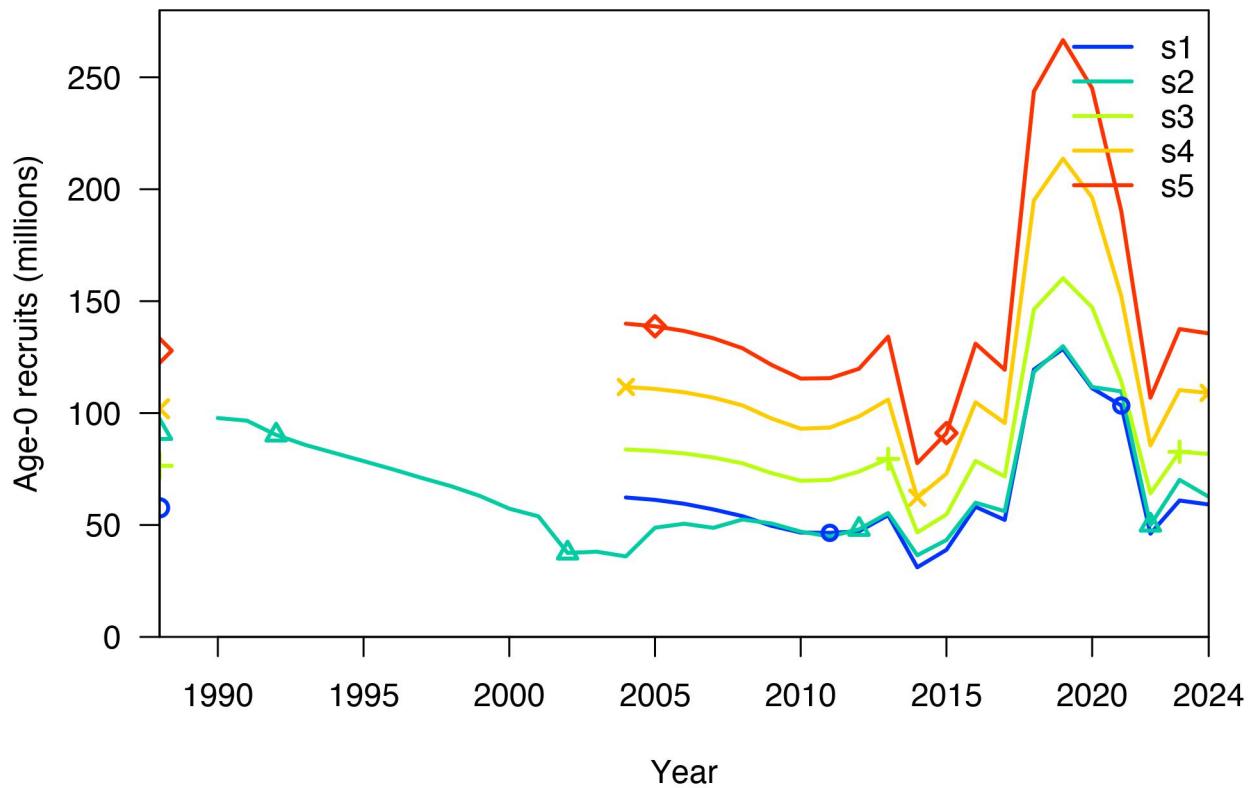


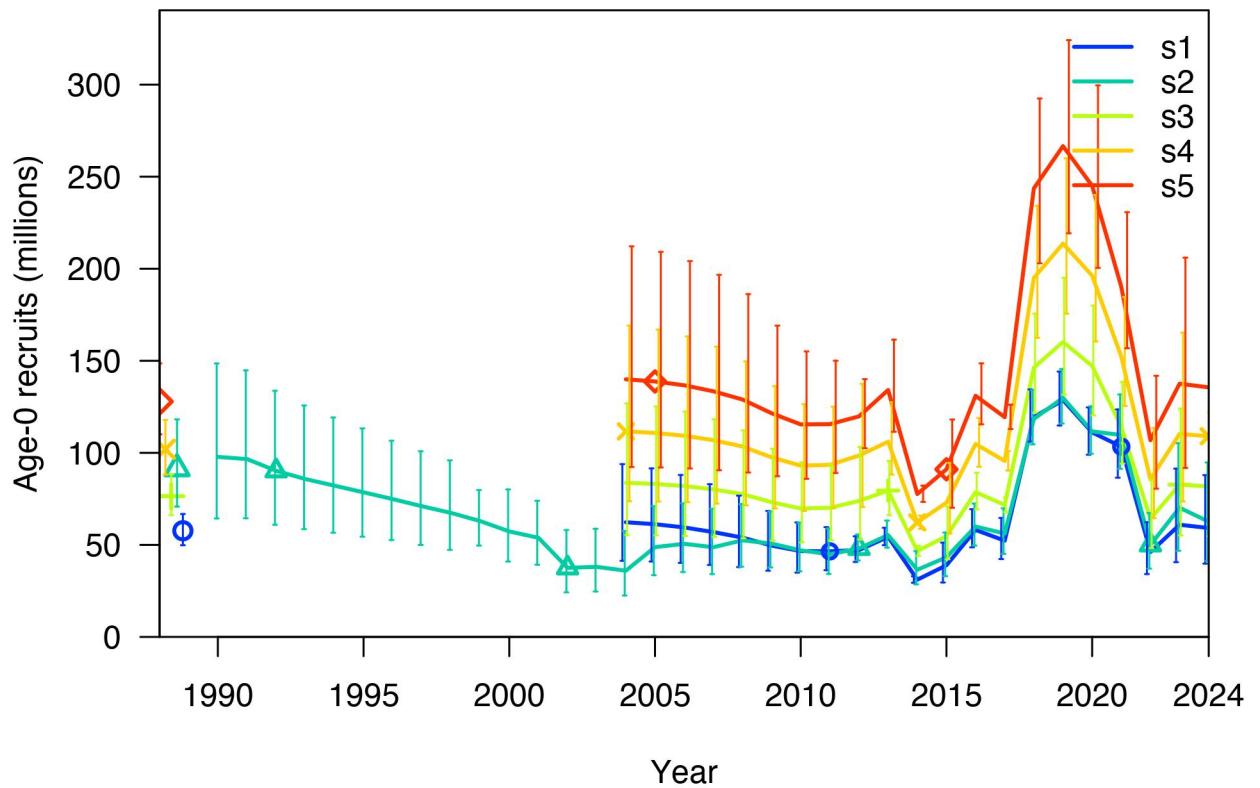


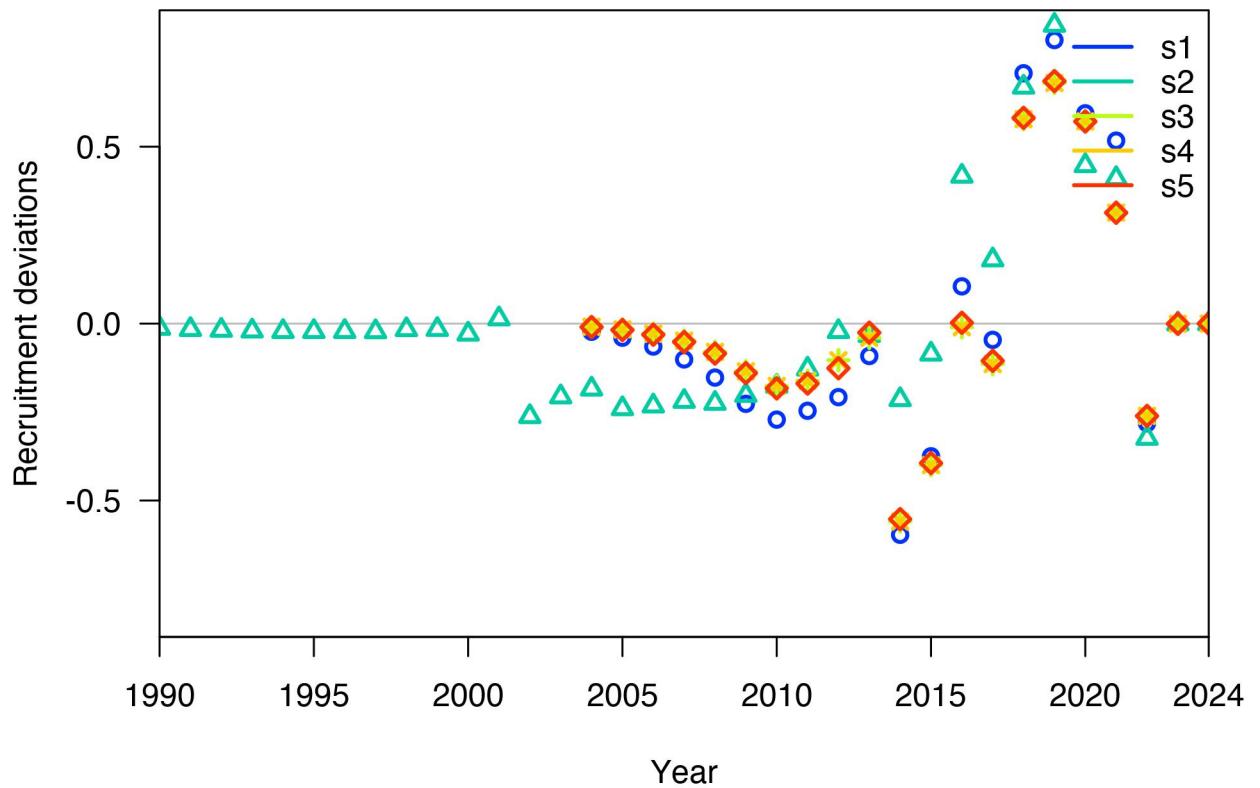


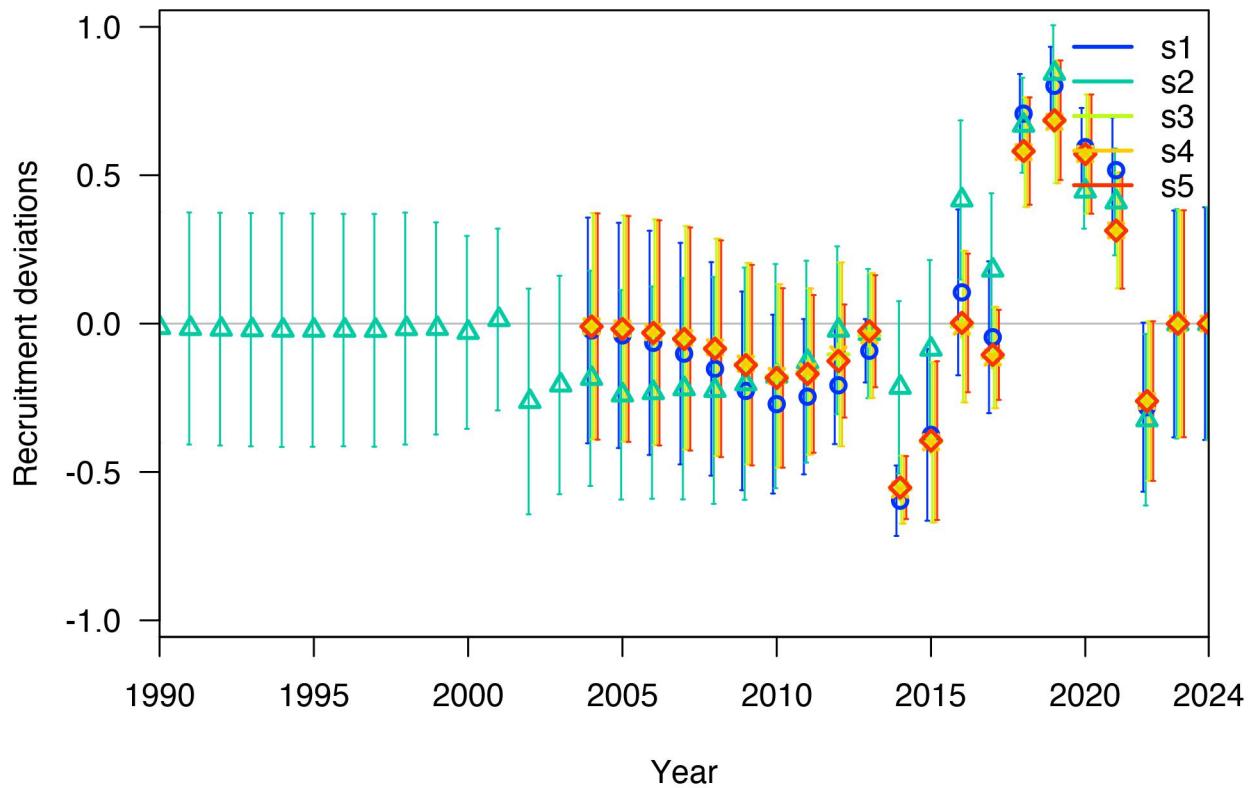


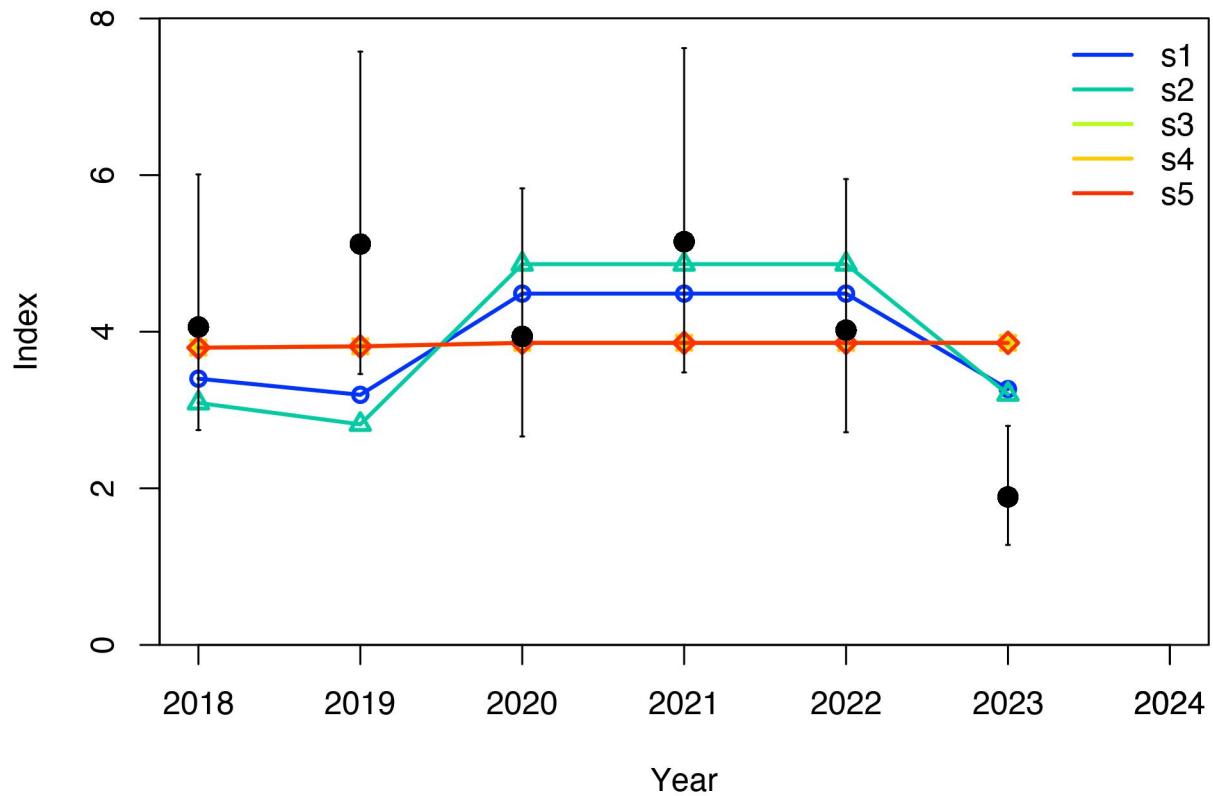


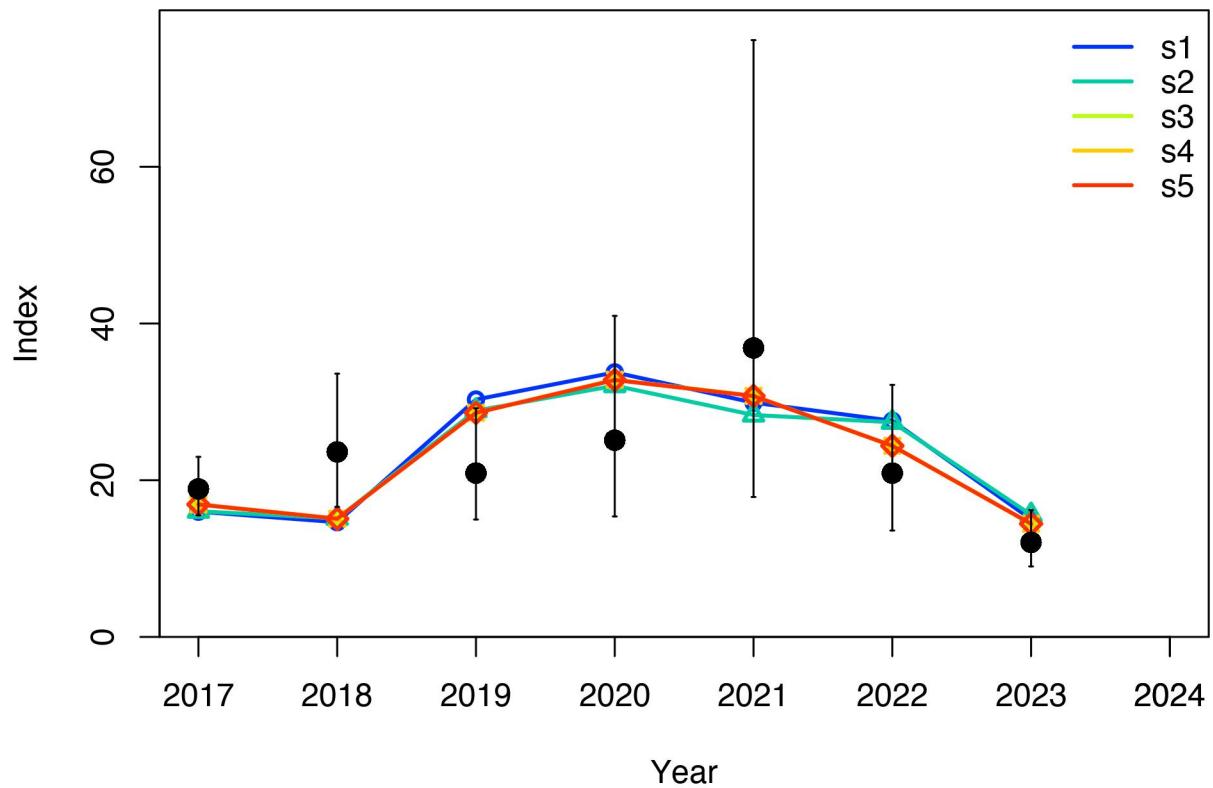


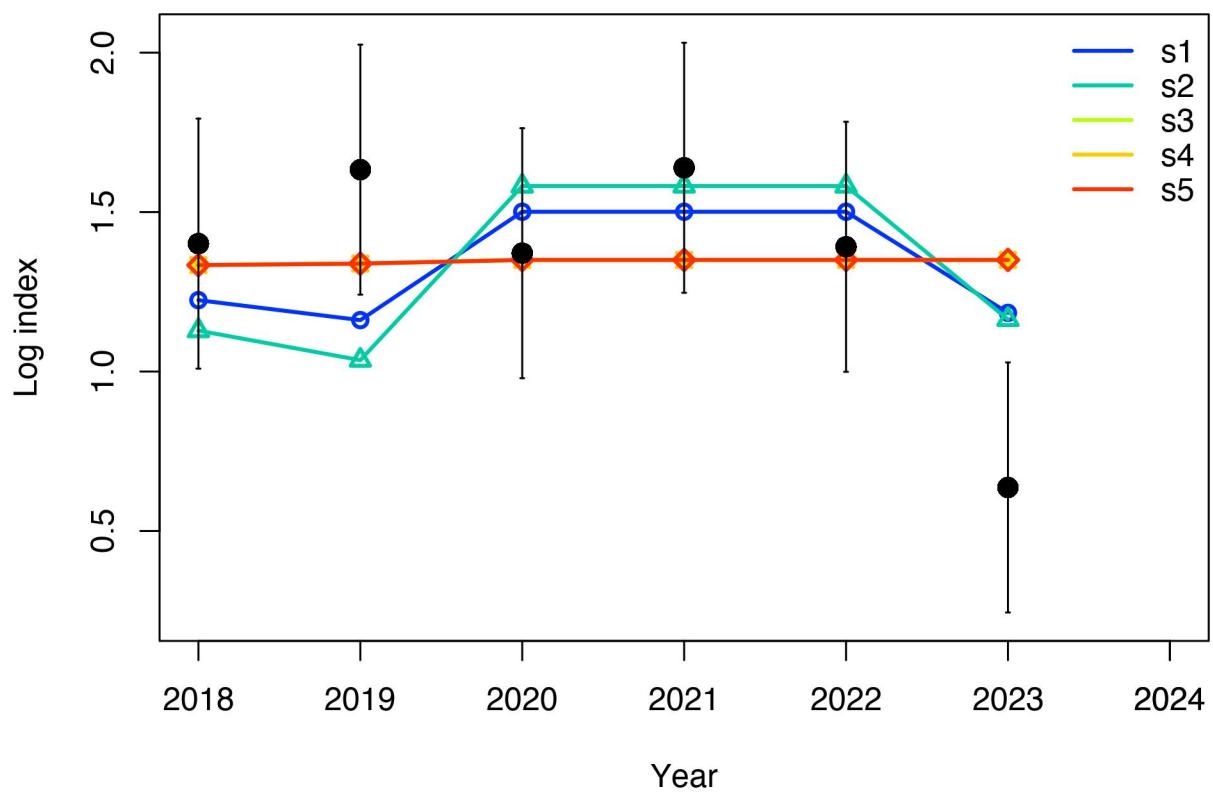


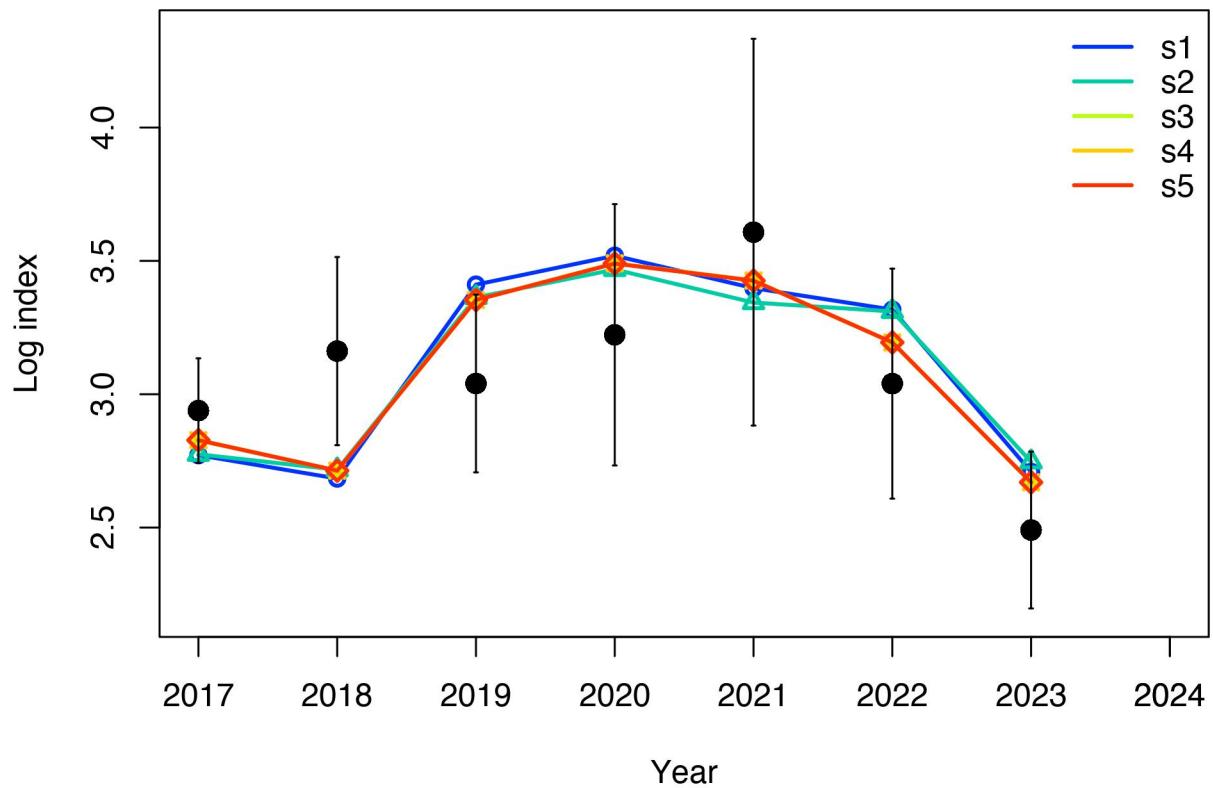


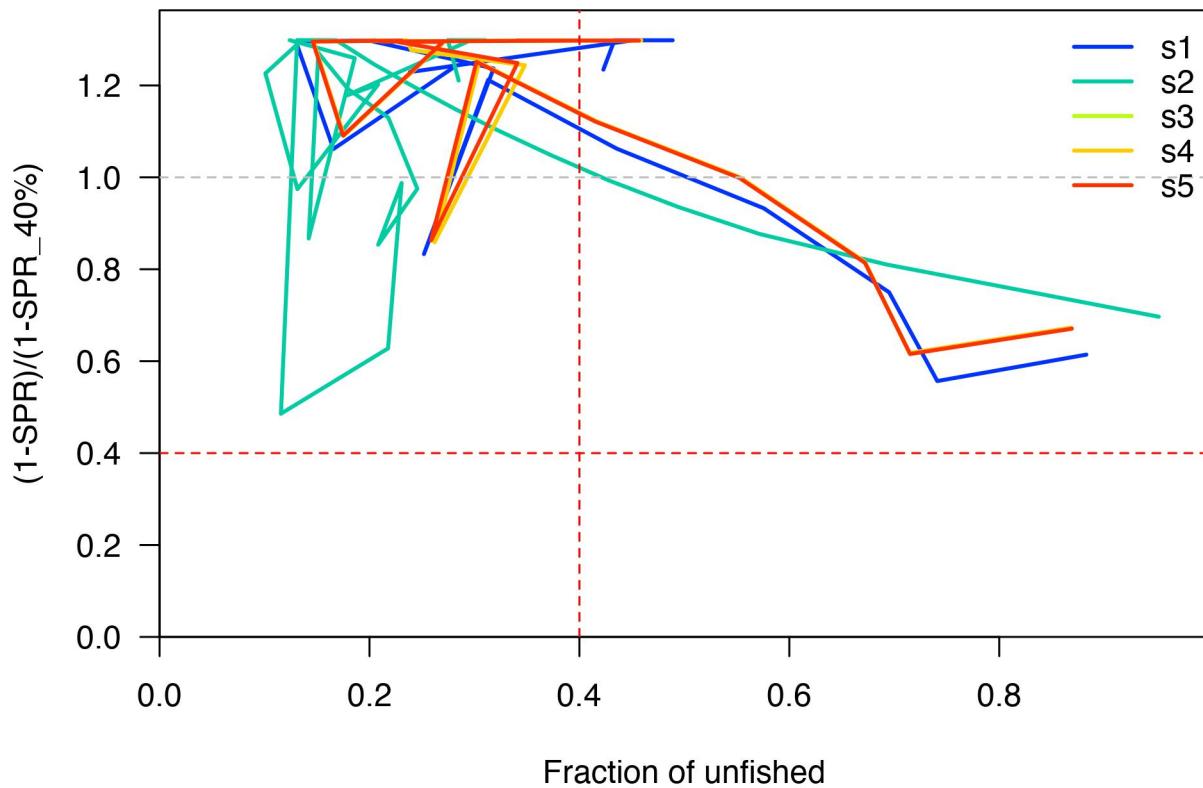


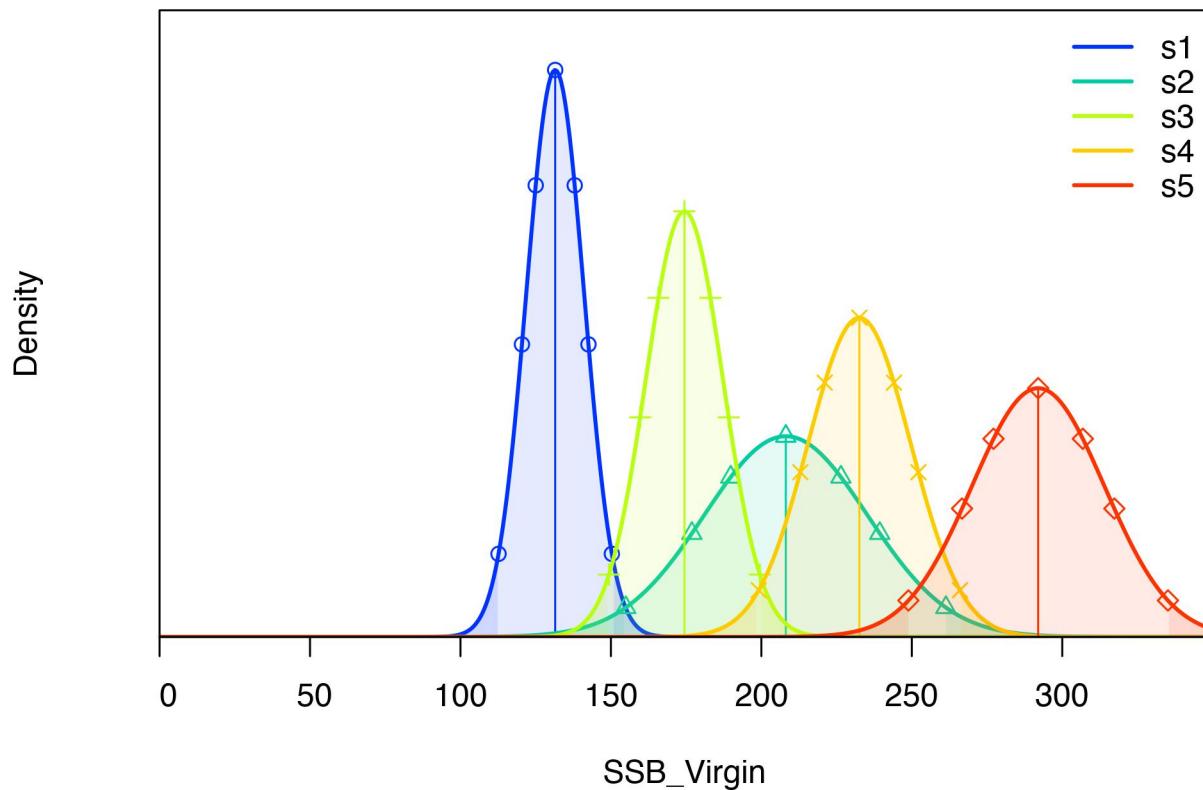


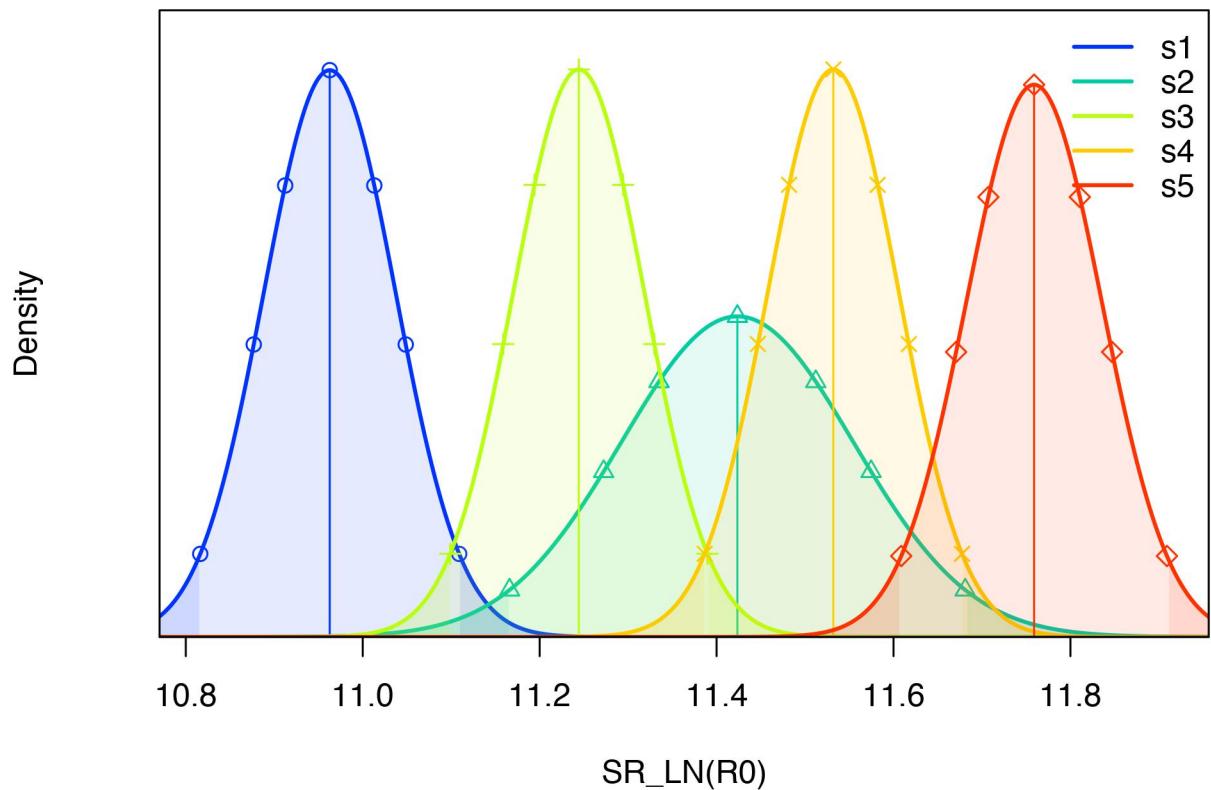


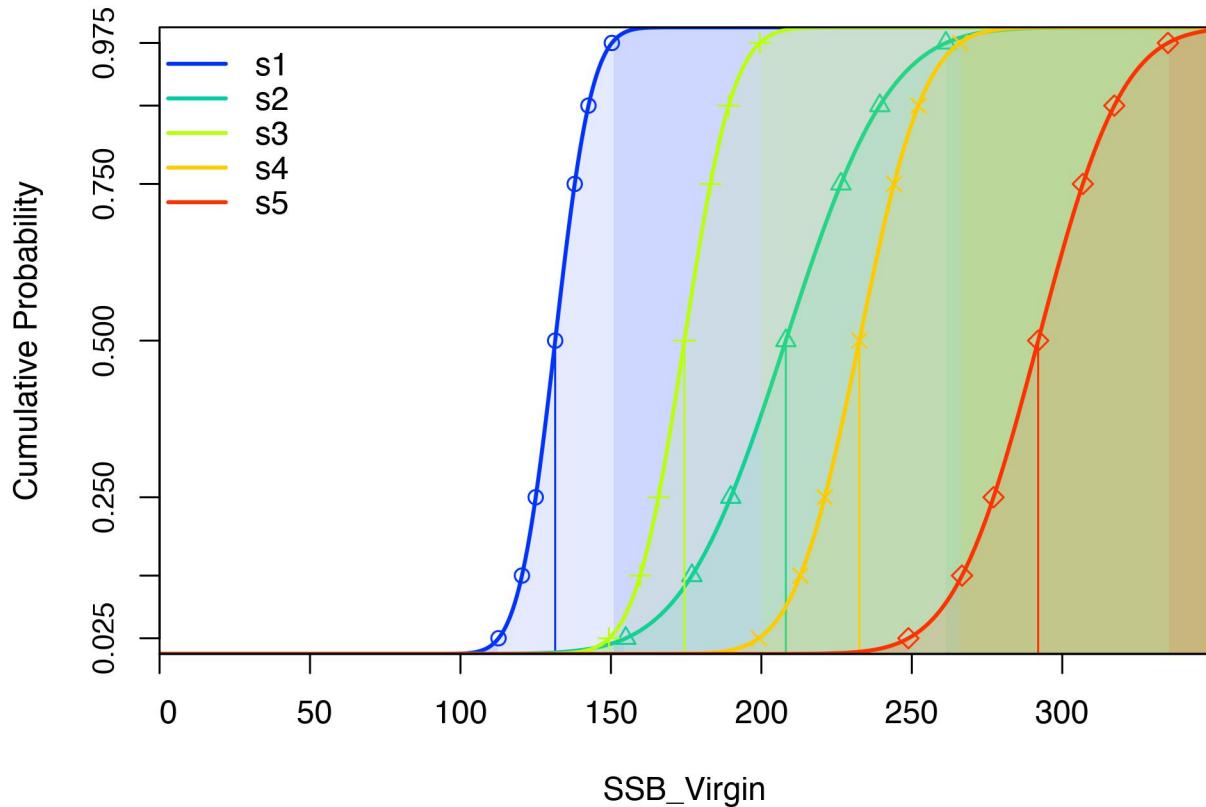


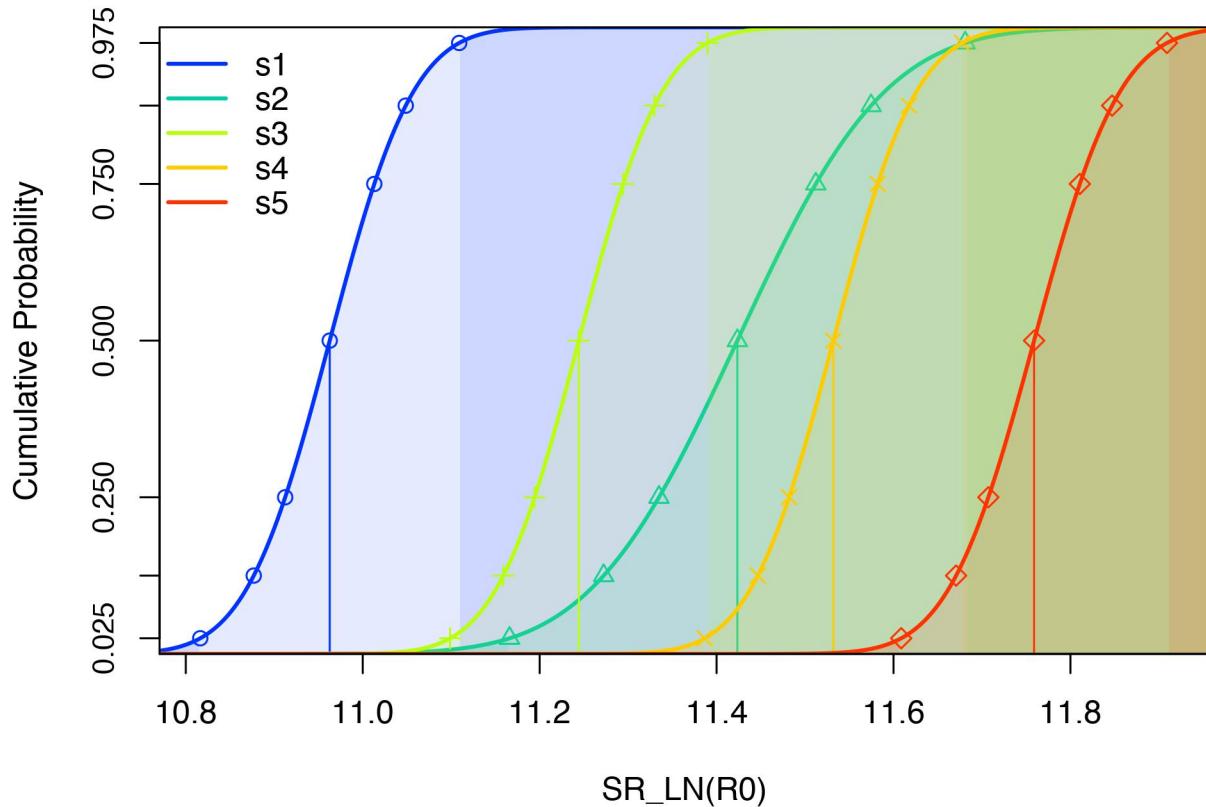












```

## [1] 3.065958e+02 3.518800e+02 9.995759e-01 1.035935e+00 1.363499e+00
## [6] 1.488604e+00 4.200000e+00 6.514884e+00 2.799352e+05 3.403843e+05
## [11] 8.855721e-01 1.055893e+00 7.996957e+01 4.439662e+00 1.363499e+00
## [16]           NA           NA

```

Los análisis comparados muestran las estimaciones de cada escenario propuesto para los casos de fracción de biomasa virgen (Figura 7), desvío de los reclutamientos (Figura 8) y mortalidad por pesca (Figura 9).

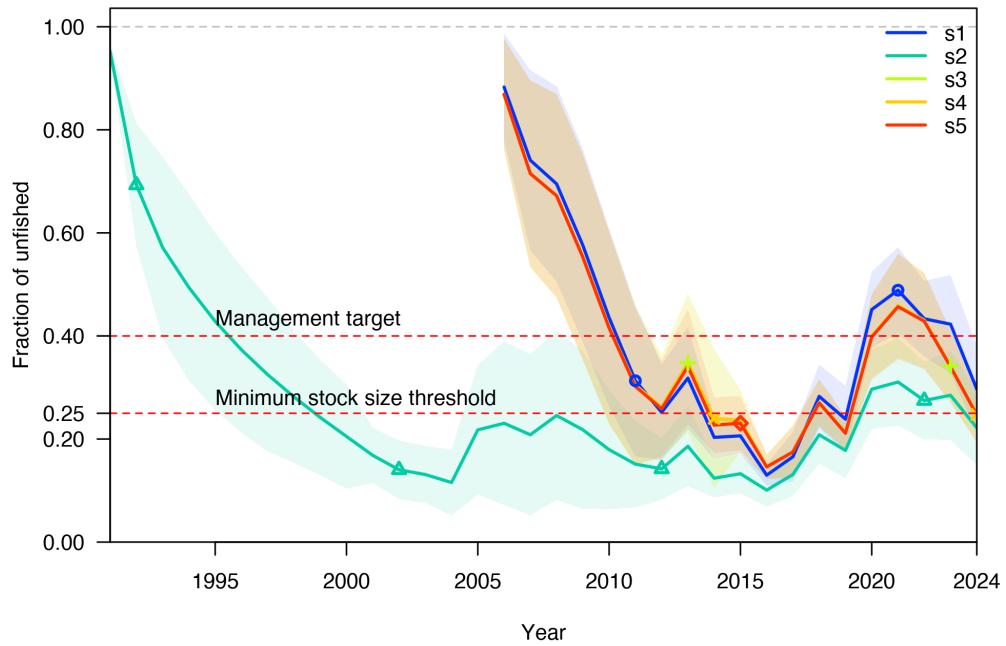


Figure 7: Comparación escenario de razon de Biomasa

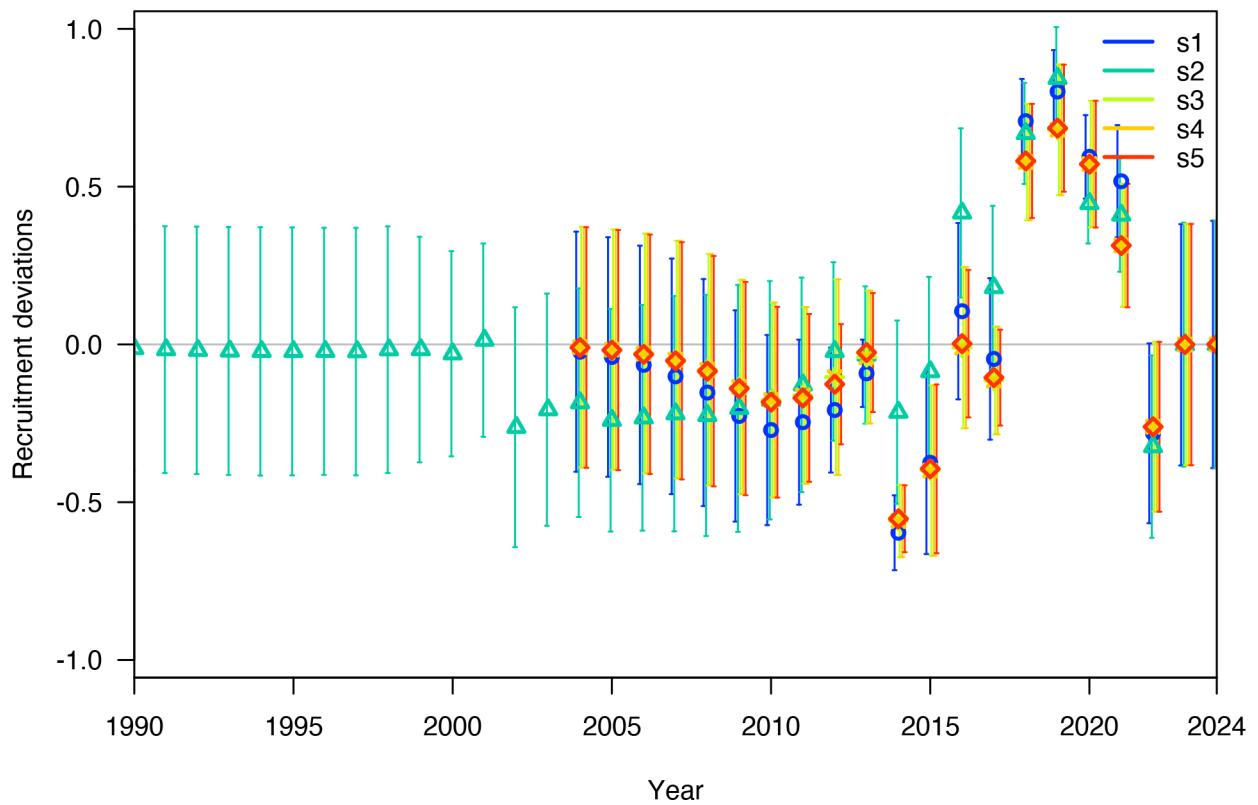


Figure 8: Comparación escenarios de desvíos de reclutamiento

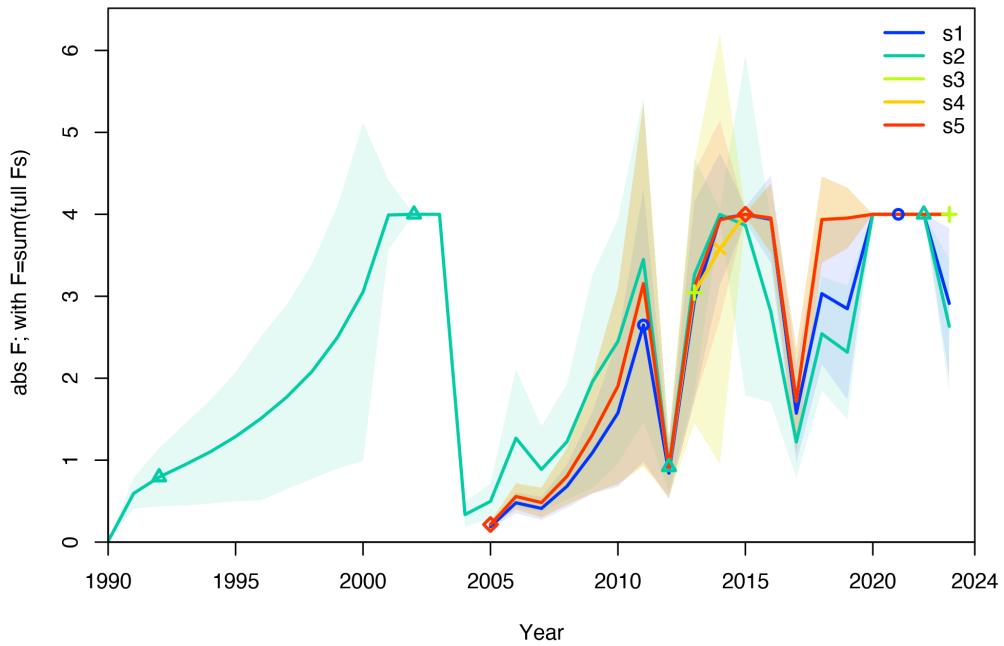
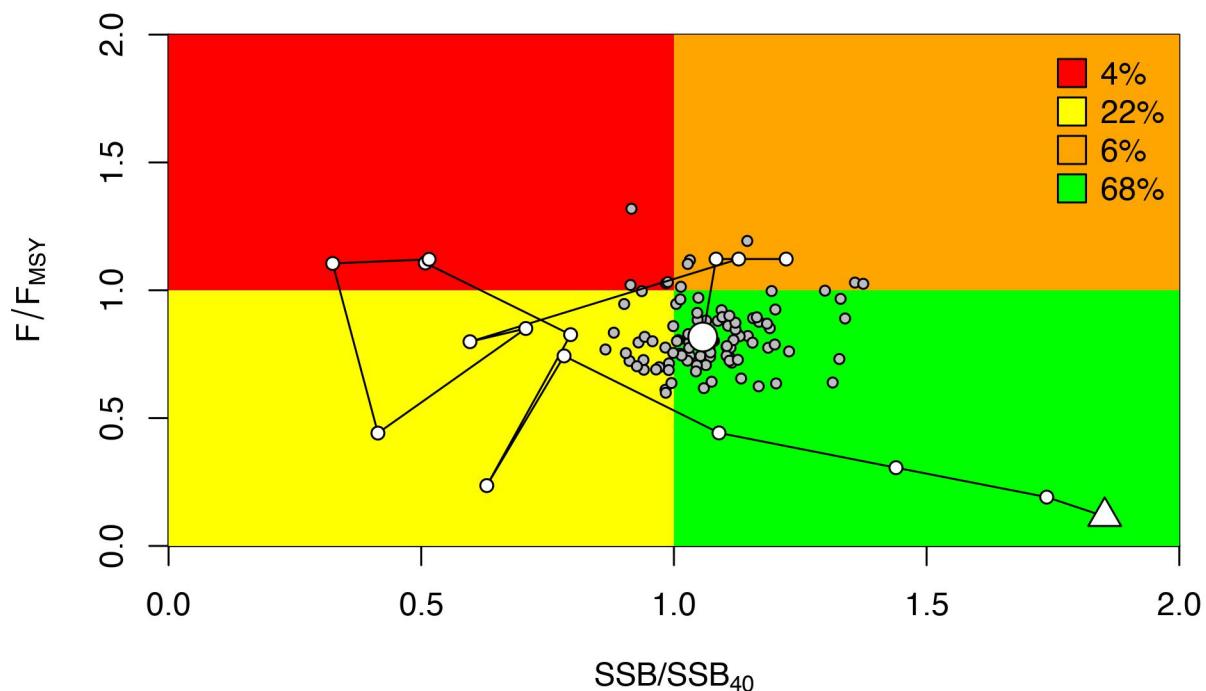


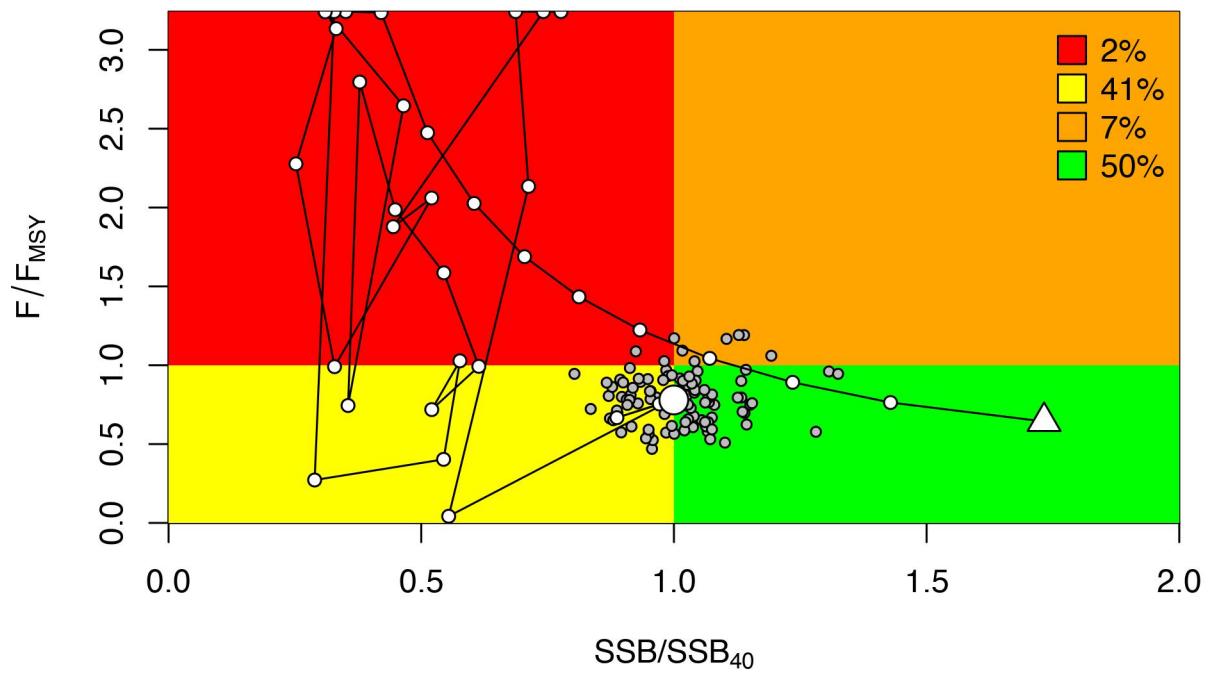
Figure 9: Comparación escenarios de Mortalidad por Pesca

4. STATUS

```
##  
##  starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F  
##
```



```
##  
##  starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F  
##
```



5. PROGRESO

- explicar PBR
- Definir estatus
- S01 falta implementar modelo
- Falta mirar perfiles de verosimilitud

6. REFERENCIAS

- Caddy, J. F. (2004). Current usage of fisheries indicators and reference points , and their potential application to management of fisheries for marine invertebrates 1. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 1324(December 2002), 1307–1324. <https://doi.org/10.1139/F04-132>
- Hurtado-ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R., Monnahan, C. C., Muradian, M. L., Ono, K., Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., & Punt, A. E. (2015). Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES Journal of Marine Science*, 72, 99–110.
- Methot, Richard D., & Wetzel, C. R. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142, 86–99.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>
- Methot, Richard D., Wetzel, C. R., Taylor, I. G., Doering, K., & Jhonson, K. (2023). *Stock Synthesis User Manual Version 3.30.21*. NOAA Fisheries Seattle, WA.
- Taylor, I. (2019). Using R for Stock Synthesis Installing R and getting R4SS. *Fisheries Science*, November.
- Winker, H., Carvalho, F., Cardinale, M., & Kell, L. (2023). *ss3diags: What the package does (one line, title case)*.